ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1904 г. ТОМЪ 5 No. 5

Электрическій токъ въ газахъ.

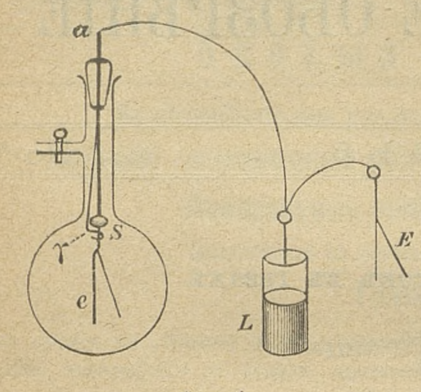
Г. П. Кравца

1. *Введеніе.*

Если металлическій проводникъ помѣстить на изолирующей подставкѣ, соединить съ чувствительнымъ электроскопомъ, затѣмъ зарядить электричествомъ и предоставить самому себѣ, то листочки электроскопа мало по малу сходятся. Этотъ опытъ доказываетъ, что зарядъ проводника постепенно удаляется съ него.

Для такого удаленія заряду представляется нѣсколько возможныхъ путей. Прежде всего „изолирующая" подставка можетъ обладать нѣкоторою электропроводностью; если подставка гигроскопична, то ея электропроводность сильно увеличивается во влажной атмосферѣ. Можно, однако, доказать, что въ разсматриваемомъ явленіи электропроводность подставки не играетъ исключительной роли. Опишемъ, напр., слѣдующій опытъ Уильсона: изолирующій шарикъ изъ сѣры, *S* (фиг. 1), поддерживаетъ подвѣшенный къ нему электроскопъ съ листочками *e*; самый шарикъ укрѣпленъ на стержнѣ *a*, сообщенномъ съ заряженною лейденскою банкою *L*; съ нею же сообщена стальная проволока γ, которая приближеніемъ магнита можетъ быть приведена на время въ соприкосновеніе съ *e*, при чемъ листочки расходятся; послѣ удаленія магнита электроскопъ остается изолиро-

ваннымъ, но листочки постепенно сходятся. Здѣсь уже электропроводность шарика S отнюдь не содѣйствуетъ потери заряда электроскопъ, ибо, если бы эта электропроводность существовала, то она, напротивъ того, способствовала бы тому, чтобы лейденская банка постоянно поддерживала зарядъ электроскопа *e*. Итакъ, электричество удаляется съ проводника не только чрезъ изолирующую подставку, но и иными путями.



фиг. 1.

Въ воздухѣ, окружающемъ проводникъ, имѣется пыль; отдѣльныя пылинки могутъ, какъ въ опытѣ „электрической пляски", притягиваться къ заряженному проводнику, а затѣмъ, получивъ отъ него нѣкоторый зарядъ, и, оттолкнувшись, уносить его съ собою. Чтобы исключить это дѣйствіе, можемъ помѣстить электроскопъ Уильсона въ большой сосудъ, куда будемъ пропускать только тщательно профильтрованный отъ пыли воздухъ. Оказывается, что и за всѣмъ этимъ обнаруживается медленное спаденіе листочковъ электроскопа.

Въ разныя времена дѣлались и другія предположенія о возможномъ механизмѣ потери тѣломъ заряда. Такъ, напр., полагали, что пары, поднимающіеся съ поверхности тѣла, могутъ уносить съ собою его зарядъ. Эта гипотеза получила особое значеніе, когда Экснеръ положилъ ее въ основу своей теоріи атмосфернаго электричества; онъ думалъ, что водяные пары, поднимающіеся съ земли, заряжены положительно; этимъ объяснялся бы отрицательный потенціалъ земли. Однако, опыты Швальбе опровергли правильность этой гипотезы; они показали, что не только незаряженное тѣло не электризуется при испареніи, но что нельзя обнаружить вліянія испаренія на потерю заряда уже наэлектризованнаго тѣла, даже при очень большомъ начальномъ его потенціалѣ.

Можно еще спросить себя, не обладаетъ-ли нѣкоторою электропроводностью пространство, свободное отъ всякаго вещества—„свободный эѳиръ". Нѣкоторую кажущуюся вѣроятность это предположеніе получаетъ при разсмотрѣніи свойствъ раз-

рядныхъ трубокъ съ разрѣженнымъ газомъ. Какъ извѣстно, эти трубки по мѣрѣ выкачиванія изъ нихъ газа, все лучше проводятъ электричество, давая мѣсто цѣлому ряду сложныхъ и красивыхъ явленій. Но при дальнѣйшемъ выкачиваніи все измѣняется: проводимость трубки вновь начинаетъ падать, и для ея дѣйствія необходимы все болѣе и болѣе высокіе потенціалы на ея электродахъ. Электроскопъ, помѣщенный въ такой пустотѣ, держитъ свой зарядъ цѣлыми недѣлями [1]).

Послѣ всего сказаннаго ясно, что въ процессѣ передачи электричества значительную роль играютъ газы, окружающіе заряженное тѣло. Какимъ образомъ они выполняютъ эту роль? Выясненію этого вопроса и посвящена настоящая статья. Необходимость имѣть теорію электропроводности газа чувствуется съ тѣмъ большей силой, что она объединила бы двѣ очень далекія другъ отъ друга области физики, далекія не только по предмету, но и по методу изслѣдованія; одна изъ нихъ, область молекулярной физики, вся основана на кинетически-атомистическомъ представленіи о веществѣ, и именно въ ученіи о газахъ получила свое наиболѣе полное и блестящее развитіе; другая — ученіе объ электрическихъ явленіяхъ—развивалась по большей части почти независимо отъ этихъ воззрѣній, въ особенности поскольку дѣло касалось электропроводности; только въ ученіи объ электролизѣ растворовъ мы встрѣчаемъ попытку внести и въ эту часть науки наши представленія о веществѣ — и попытка вознаграждена блестящимъ успѣхомъ. Теорія электропроводности газовъ явится достойнымъ завершеніемъ зданія, заложеннаго поборниками теоріи электролитической диссоціаціи.

Главныя черты этой теоріи будутъ у насъ выясняться постепенно, по мѣрѣ изложенія. Сейчасъ же мы остановимся на одномъ простомъ представленіи о механизмѣ электрическаго тока въ газахъ—представленіи, нынѣ отброшенномъ, какъ неудовлетворяющемъ наблюдаемымъ фактамъ.

Одно время полагали, что переносителями электричества въ газѣ являются его молекулы; такимъ образомъ послѣднія

---

[1]) Замѣтимъ, что современная электромагнитная теорія свѣта связываетъ электропроводность среды съ поглощеніемъ въ ней свѣта. Если мы припишемъ свободному эѳиру хотя бы малую электропроводность, то съ этой точки зрѣнія сдѣлается совершенно непонятнымъ, какъ свѣтъ доходитъ до насъ чрезъ громадныя міровыя пространства, отдѣляющія насъ отъ видимыхъ свѣтилъ.

уподоблялись небольшимъ проводникамъ, играющимъ ту же роль, которую прежде приписывали носящимся въ воздухѣ пылинкамъ. Однако, мы видѣли, что пары, удаляясь отъ поверхности тѣла, не уносятъ съ собою заряда. Уже одно это заставляетъ усомниться въ способности напр. молекулъ воздуха играть приписываемую имъ роль. Замѣтимъ, что пары ртути—металла—ничѣмъ не отличаются въ этомъ отношенiи отъ паровъ неметаллическихъ веществъ. Затѣмъ, при громадномъ числѣ молекулъ, ударяющихся о заряженное тѣло, онѣ, какъ показываетъ простой разсчетъ, очень быстро разрядили бы его, чего, однако, на дѣлѣ не наблюдается. Не наблюдается также и зарядовъ внутри газа, чего требовала бы теорiя, связывающая электропроводность газа съ электризацiею его молекулъ [1]).

Самый же важный недостатокъ этой гипотезы заключается въ томъ, что она неспособна объяснить цѣлаго ряда обстоятельствъ, которыя характеризуютъ разрядъ въ газахъ, какъ-то влiянiй на него давленiя газа, температуры, освѣщенiя и т. п.

2. *Катодные лучи.*

При страшной сложности и запутанности явленiй, сопровождающихъ электрическiй токъ въ газахъ, для болѣе или менѣе значительнаго шага впередъ по пути ихъ уразумѣнiя, необходимо было имѣть опорный пунктъ въ видѣ ряда явленiй, которыя легко укладывались бы въ рамки простого и нагляднаго представленiя. Такой рядъ явленiй былъ найденъ въ такъ называемыхъ „катодныхъ лучахъ“.

Возьмемъ разрядную трубку съ чрезвычайно разрѣженнымъ газомъ, и электроды ея соединимъ съ борнами индуктора. При этомъ катодъ дѣлается источникомъ какого-то потока, физическая природа котораго постепенно раскрывается при изученiи его свойствъ. Потокъ этотъ, повидимому, матерiальнаго характера—онъ обладаетъ извѣстнымъ запасомъ кинетической энергiи, которую онъ можетъ отдавать поражаемымъ имъ предме-

---

[1]) Опыты, доказывающiе существованiе такихъ зарядовъ (см. напр. ниже опыты Ленарда, а также Эльстера и Гейтеля), отнюдь не доказываютъ электризацiи молекулъ были предприняты съ противоположною цѣлью.

тамъ, сообщая имъ движеніе по направленію отъ катода, или нагрѣвая ихъ (даже раскаляя). Нѣкоторыя тѣла подъ дѣйствіемъ этого потока флуоресцируютъ, что легко позволяетъ судить объ его присутствіи. Съ помощью флуоресцирующаго экрана можно установить, что матеріальныя частицы, составляющія потокъ, летятъ прямолинейно, преимущественно въ направленіи нормальномъ къ поверхности катода. Большинство тѣлъ, даже въ тонкихъ слояхъ, задерживаютъ эти частицы на ихъ пути. Частицы нашего потока заряжены отрицательнымъ электричествомъ: при извѣстныхъ условіяхъ онѣ сообщаютъ отрицательный зарядъ тѣламъ, на которыя падаютъ. Поэтому онѣ подчиняются электростатическимъ силамъ, дѣйствующимъ внутри трубки, и могутъ быть ими отклонены отъ прямолинейнаго пути. Летя съ нѣкоторою скоростью, онѣ производятъ явленія электрическаго тока, а потому, подобно току, должны подвергаться дѣйствіямъ магнитныхъ силъ. И дѣйствительно, легко наблюдать отклоненіе нашего потока въ направленіи перпендикулярномъ къ плоскости, проведенной чрезъ прежнее его направленіе и направленіе магнитной силы. Направленіе этого отклоненія опять указываетъ, что частицы нашего потока несутъ съ собой отрицательные заряды. Потокъ, о которомъ идетъ рѣчь, и называется *катодными лучами*, а частицы, изъ которыхъ онъ состоитъ, *электронами.* Изъ сказаннаго выше слѣдуетъ, что катодные лучи образуются потокомъ отрицательныхъ электроновъ. Простымъ опытомъ можно опредѣлить, какъ скорость электроновъ внутри трубки, v, такъ и отношеніе заряда, переносимаго электрономъ, къ его матеріальной массѣ, e/m. Для этого нужно знать одну изъ слѣдующихъ паръ величинъ, доступныхъ измѣренію: или 1) величину отклоненія катодныхъ лучей отъ прямолинейнаго направленія, производимаго опредѣленнымъ магнитнымъ полемъ и разность потенціаловъ на электродахъ трубки; или 2) величину энергіи, расходуемой трубкою, и то же магнитное отклоненіе лучей; или наконецъ 3) величины магнитнаго отклоненія лучей и отклоненія ихъ подъ дѣйствіемъ данной электростатической силы. Вотъ результаты подобныхъ измѣреній: 1) скорость v — очень велика, порядка 10^9 cm/sec (скорость свѣта равна 3.10^{10} cm/sec), и увеличивается съ потенціаломъ; 2) отношеніе e/m оказывается одинаковымъ во всѣхъ опытахъ съ катодными лучами, независимо отъ потенціаловъ на электродахъ трубки, отъ степени разрѣженія газа, отъ химической природы газа, отъ хими-

ческаго состава электродовъ; что касается числового значенія e/m, то оно оказывается разъ въ 1000 болѣе того, которое изъ электролиза растворовъ кислотъ получается для отношенія заряда іона водорода къ его массѣ.

Постоянство отношенія e/m подтверждаетъ правильность нашихъ представленій о сущности явленія. Числовое значеніе его можетъ быть истолковано различно. Одно объясненіе состоитъ въ томъ, что здѣсь отрывающіяся отъ катода частички уносятъ съ собою громадные заряды, бо́льшіе даже тѣхъ, которые переносятся чрезъ растворъ іонами электролита; другое, какъ впослѣдствіи увидимъ, болѣе правдоподобное, что заряды, несущіеся на частичкахъ—тѣ же атомные заряды іоновъ; матеріальная же масса каждой изъ этихъ частичекъ много меньше, приблизительно въ тысячу разъ меньше массы атома водорода. Это указывало бы на возможность такого раздробленія вещества, которое идетъ гораздо дальше химическаго атома; а постоянство отношенія e/m требовало бы принять, что электроны представляютъ собою первооснову всякаго вещества, первичную матерію, изъ которой складываются всѣ химическіе элементы [1]).

Приведемъ еще нѣкоторыя свойства катодныхъ лучей: падая на какое-нибудь препятствіе, они дѣлаютъ его источникомъ новыхъ радіацій. Эти радіаціи сложнаго характера и состоятъ отчасти изъ X-лучей, отчасти изъ лучей, обладающихъ магнитнымъ отклоненіемъ. Трудно сказать, суть-ли это диффузно отраженные электроны прежнихъ лучей, или эти электроны, попадая на тѣло, разрушаютъ его молекулы и тѣмъ производятъ новые электроны; по всей вѣроятности, происходятъ оба процесса. Во всякомъ случаѣ, скорость электроновъ въ „отраженныхъ" лучахъ (измѣренная по одному изъ приведенныхъ выше методовъ) меньше скорости ихъ въ первичномъ пучкѣ; величина отношенія e/m остается прежнею, какъ, съ нашей точки зрѣнія, и естественно было ожидать.

Еще Герцъ обнаружилъ, что катодные лучи диффузно проникаютъ чрезъ тонкіе слои алюминія. И въ такихъ, прошед-

---

[1]) Подробнѣе явленія катодныхъ лучей изложены въ статьѣ П. А. Зилова (*Физ. Обозр.* т. 1 (1900 г.) стр. 56). и въ популярной брошюрѣ А. А. Эйхенвальда: „Катодные лучи".

шихъ чрезъ металлъ лучахъ скорость меньше начальной, а отношеніе e/m прежнее.

Возможность прониканія электроновъ чрезъ металлъ, повидимому, указываетъ на чрезвычайно малые размѣры ихъ — малые въ сравненіи съ междучастичными промежутками и, можетъ быть, внутри-частичными разстояніями. Герцъ думалъ даже своимъ опытомъ доказать нематеріальность катодныхъ лучей.

Ленардъ сдѣлалъ очень много для изученія катодныхъ лучей, проникшихъ чрезъ алюминій. Чрезъ „алюминіевое окошко" онъ вывелъ лучи изъ катодной трубки въ окружающую атмосферу; здѣсь они продолжали диффузно распространяться (ихъ называютъ ленардовскими лучами), поглощаясь воздухомъ и не проникая, при обыкновенномъ давленіи, дальше нѣсколькихъ центиметровъ отъ окошка. Воздухъ около окошка подъ ихъ дѣйствіемъ флуоресцируетъ, кислородъ его озонируется (что, впрочемъ, можно отнести насчетъ ультрафіолетовыхъ лучей, возникающихъ при флуоресценціи). Затѣмъ, присутствіе электроновъ выдаетъ себя еще однимъ признакомъ.

Если мы внезапно расширимъ нѣкоторый объемъ газа, насыщеннаго водяными парами, то, вслѣдствіе связаннаго съ расширеніемъ охлажденія газа, часть паровъ должна выдѣлиться въ видѣ тумана. Оказывается, что этотъ процессъ образованія тумана идетъ часто и безъ запаздыванія только при томъ условіи, чтобы въ воздухѣ имѣлись подходящіе „центры сгущенія", въ видѣ носящейся въ воздухѣ пыли; при ея отсутствіи конденсація происходитъ съ трудомъ. И вотъ, было найдено, что —на ряду съ пылью—роль центровъ сгущенія могутъ принимать на себя электроны ленардовскихъ лучей. Въ ихъ присутствіи струя пара, вырывающаяся въ атмосферу, сразу получала болѣе рѣзкія очертанія, пріобрѣтала болѣе яркую окраску. Это свойство отрицательныхъ электроновъ позволяетъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ безъ труда устанавливать ихъ присутствіе, почему въ послѣдующемъ намъ придется неоднократно на него ссылаться.

Явленіе катодныхъ лучей далеко не исчерпываетъ, конечно, процесса прохожденія электричества чрезъ разрѣженные газы. Они и обнаруживаются съ ясностью только при большихъ разрѣженіяхъ, когда вліяніе газа, наполняющаго трубку, начинаетъ стушевываться. Во всякомъ случаѣ въ нихъ мы знакомимся съ

однимъ видомъ переносителей электричества—видомъ, какъ выяснится далѣе, имѣющимъ универсальное значеніе.

3. *Актиноэлектрическія явленія.*

Въ 1887 году Герцъ открылъ, что проскакиваніе искры между двумя противоположно заряженными шариками значительно облегчается, если освѣщать искровой промежутокъ ультрафіолетовыми лучами; при одномъ и томъ же потенціалѣ, подъ вліяніемъ лучей искровое разстояніе можетъ быть увеличено, искра становится гуще и ярче.

Послѣдующіе изслѣдователи (въ началѣ Гальваксъ, Риги, Столѣтовъ, потомъ Эльстеръ, Гейтель и Ленардъ) значительно упростили свою задачу, обративши свое вниманіе на явленія, возникающія при дѣйствіи ультра-фіолетовыхъ лучей на болѣе слабо заряженные проводники, потенціалъ которыхъ, значитъ, еще далекъ отъ искрового. Здѣсь отпадаютъ сложныя условія, создаваемыя самою искрою. Вотъ главные результаты первыхъ же изслѣдованій.

1) Если взять воздушный конденсаторъ, обкладки котораго состоятъ изъ свѣже полированнаго или амальгамированнаго цинка, то при освѣщеніи (съ внутренней стороны конденсатора) положительной обкладки не наблюдается ничего особеннаго; при дѣйствіи же лучей на отрицательную обкладку, она быстро теряетъ свой зарядъ (это легко обнаруживается электроскопомъ).

2) Падая на незаряженную пластинку, лучи заставляютъ ее заряжаться положительно, и явленіе продолжается, покуда зарядъ не сообщитъ пластинкѣ нѣкотораго предѣльнаго потенціала (нѣсколькихъ вольтъ); пластинка, заряженная передъ опытомъ положительно, но ниже этого предѣльнаго потенціала, можетъ быть дозаряжена дѣйствіемъ лучей.

3) Вопросъ объ источникѣ энергіи, необходимой для указанныхъ дѣйствій, разрѣшился въ томъ смыслѣ, что она доставляется ультрафіолетовыми лучами, т. е., что „фотоэлектрическое“ или „актиноэлектрическое“ дѣйствіе свѣта необходимо связано съ его поглощеніемъ. Такъ, если покрыть пластинку слоемъ воды, не поглощающей ультрафіолетовыхъ лучей, вся-

кое дѣйствіе прекращается. Опять получить это дѣйствіе можно, примѣшавъ къ водѣ какую-нибудь краску, поглощающую дѣйствующіе лучи, напр. фуксинъ, ціанинъ. Впрочемъ поглощеніе лучей оказывается условіемъ необходимымъ, но еще недостаточнымъ для полученія фотоэлектрическаго эффекта.

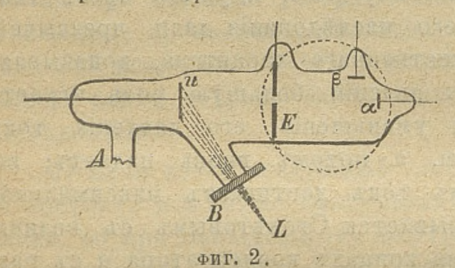
4) Кромѣ цинка и его амальгамы были испытаны и многіе другіе металлы; вотъ ихъ рядъ въ степени убывающей активности: рубидій, калій, натрій, литій, магній, талій, цинкъ; другіе активны гораздо менѣе. Металлы первой группы чувствительны и къ свѣтящимъ лучамъ; натрій особенно чувствителенъ къ желтымъ лучамъ, соотвѣтствующимъ той части спектра, гдѣ у него, какъ извѣстно, лежатъ полосы сильной абсорбціи.

Во всѣхъ этихъ случаяхъ „чувствительность" оцѣнивается по быстротѣ спаденія листочковъ электроскопа, соединеннаго съ отрицательною обкладкою. Столѣтовъ примѣнилъ къ изслѣдованію гальванометръ и измѣрялъ силу тока, идущаго чрезъ газъ освѣщаемаго конденсатора; его изслѣдованія дали чрезвычайно важные результаты количественнаго характера, доказывающіе, между прочимъ, что въ явленіи большую роль играетъ газъ въ конденсаторѣ; при уменьшеніи его давленія токъ сначала ростетъ до maximum, а потомъ вновь падаетъ; величина давленія, при которомъ токъ достигаетъ максимальной величины, количественно связывается Столѣтовымъ съ величиною электродвижущей силы на концахъ конденсатора и съ разстояніемъ между обкладками. Въ настоящее время работы Столѣтова послужили исходнымъ пунктомъ для многихъ новыхъ изслѣдованій.

Самъ собою возникаетъ вопросъ о томъ, какими путями электричество уходитъ съ проводника, чтó является его переносителемъ. Риги полагалъ, что переносителями электричества являются молекулы газа; столѣтовскій результатъ онъ объяснялъ тѣмъ, что „при извѣстномъ давленіи, молекулы легче всего принимаютъ электрическіе заряды". Риги могъ установить, что при малыхъ давленіяхъ газа электричество распространяется къ окружающимъ проводникамъ прямолинейно; при большихъ оно приблизительно слѣдуетъ направленію линій электрической силы. Это указываетъ на то, что носители электричества обладаютъ инерціею, т. е. что они матеріальны, а также на трудность, съ которою они диффундируютъ чрезъ газъ. Вначалѣ Ленардъ полагалъ, что электричество уносится съ катода пы-

лью, которая образуется тамъ при освѣщеніи его ультра-фіолетовыми лучами; въ доказательство онъ приводилъ существованіе около катода легко констатируемыхъ „центровъ сгущенія"; теперь мы знаемъ, что не одна пыль можетъ облегчить конденсацію пара въ туманъ.

Впослѣдствіи Ленардъ отказался отъ первоначальныхъ воззрѣній, и произвелъ рядъ точныхъ опытовъ, окончательно установившихъ природу переносителей электричества при актиноэлектрическихъ дѣйствіяхъ. Только сначала, чтобы не запутывать явленія, происходящаго у катода, тѣми вліяніями, которыя на него имѣютъ окружающіе газы, онъ помѣщалъ освѣщаемую пластинку въ пустоту. Мы остановимся здѣсь на этой части его изслѣдованія. Вотъ схема расположенія, избраннаго Ленардомъ (фиг. 2): u—алюминіевая пластинка, заряжаемая до разныхъ потенціаловъ; ее освѣщаютъ ультрафіолетовыми лучами, испускаемыми искрою L и проникающими къ ней чрезъ кварцевую пластинку B; E—экранъ съ небольшимъ отверстіемъ, постоянно отведенный къ землѣ; α и β — два электрода, сообщаемыхъ съ электроскопами. При освѣщеніи пластинки электричество уходитъ съ нея и, распространяясь прямолинейно, заряжаетъ электроскопъ, связанный съ электродомъ α. Создавая около отверстія въ E магнитное поле, мы можемъ отклонить электричество отъ прямолинейнаго пути; при надлежащемъ выборѣ напряженія и направленія магнитнаго поля, мы можемъ добиться того, чтобы отклоненные носители отрицательнаго электричества падали на электродъ β. Тогда, зная размѣры прибора, потенціалъ пластинки u и напряженіе магнитнаго поля, мы можемъ, какъ раньше въ опытѣ съ катодными лучами, вычислить скорость частицъ и отношеніе e/m. Скорость по прежнему оказалась зависящею отъ потенціала пластинки u; особенно же важнымъ слѣдуетъ считать тотъ результатъ Ленарда, что *величина e/m получилась у него та же, что и для катодныхъ лучей.* Значитъ, при ультрафіолетовомъ освѣщеніи катода, изъ него вырываются тѣ же электроны, и потому имъ же нужно приписать главную роль въ явленіи актиническаго разряда.



Фиг. 2.

Съ помощью ультрафіолетоваго свѣта можно образовать катодные лучи при такихъ низкихъ потенціалахъ, какіе безъ освѣщенія были бы далеко недостаточными для явленія разряда; Ленардъ доходилъ до нѣсколькихъ вольтовъ; при этомъ скорость электроновъ была очень мала, и соотвѣтственно росла отклоняемость лучей: они чувствительно отклонялись уже земнымъ магнитнымъ полемъ. Если электроны, дѣйствующіе въ актиноэлектрическихъ явленіяхъ, тождественны съ электронами катодныхъ лучей, то понятнымъ является ихъ конденсирующее дѣйствіе на пересыщенные пары: это является только повтореніемъ извѣстнаго уже ранѣе свойства.

4. *Отрицательные электроны въ другихъ случаяхъ.*

Явленіе, выяснившееся до сихъ поръ, имѣетъ всеобщее значеніе: каждый разъ, какъ съ поверхности твердаго или жидкаго тѣла исчезаетъ отрицательное электричество, оно прокладываетъ себѣ путь чрезъ пространство съ помощью такихъ же отрицательныхъ электроновъ. Перечислимъ важнѣйшіе случаи:

a) Когда *X*-лучи Рёнтгена падаютъ на металлическую пластинку, послѣдняя становится источникомъ новыхъ радіацій. Изъ этихъ радіацій однѣ близки къ первичнымъ *X*-лучамъ, принадлежа вообще къ тому ихъ виду, который наиболѣе поглощается матеріею; другія отклоняются магнитомъ и оказываются потокомъ отрицательно заряженныхъ частицъ. Наблюденіе сильно затрудняется окружающимъ воздухомъ, который подъ дѣйствіемъ *X*-лучей теряетъ свойства изолятора. Если же вести изслѣдованіе въ пустотѣ, то пластинка, испуская эти такъ называемые лучи Саньяка, заряжается положительно. Точнаго измѣренія величины e/m для этихъ лучей не извѣстно, но порядокъ ея, насколько можно судить по отклоняемости лучей, тотъ же, что и для ранѣе изслѣдованныхъ радіацій. Явленіе во многомъ напоминаетъ то, которое возникаетъ при ультрафіолетовомъ освѣщеніи. Разсматривая рёнтгеновскіе лучи, какъ ультра-ультрафіолетовыя волны, мы безъ труда отдадимъ себѣ отчетъ въ этой аналогіи.

b) Докрасна раскаленныя тѣла легко теряютъ отрицательный зарядъ и снимаютъ положительный съ расположенныхъ

по сосѣдству проводниковъ, а добѣла раскаленныя тѣла одинаково легко разсѣиваютъ сообщенные имъ отрицательный и положительный заряды; сами тѣла при этомъ распыляются; сильное вліяніе, очевидно, имѣютъ окклюдированные ими газы. Повторнымъ прокаливаніемъ и промываніемъ въ азотной кислотѣ Уильсону удалось въ 250000 разъ уменьшить потерю заряда платиновою проволокою. Всѣ эти явленія гораздо сложнѣе прежде описанныхъ; тѣмъ не менѣе, Дж. Дж. Томсонъ могъ опредѣлить приблизительныя величины скорости частицъ и отношенія e/m; послѣднее оказалось *того же порядка, какъ и для катодныхъ лучей* [1]).

с) Радіоактивныя вещества, между другими радіаціями, испускаютъ и катодные лучи, отличающіеся большою скоростью движенія своихъ электроновъ. Для нихъ отношеніе e/m измѣрялось очень точно и получилась величина тождественная съ принимаемою для обыкновенныхъ катодныхъ лучей.

Упомянемъ наконецъ, что явленіе Зеемана (измѣненіе спектра въ магнитномъ полѣ) вполнѣ удовлетворительно объясняется, если принять, что внутри молекулъ свѣтящихъ тѣлъ существуютъ отрицательные электроны. Изъ явленія Зеемана для отношенія e/m получается значеніе того же порядка, какъ и изъ другихъ явленій. Если мы вспомнимъ еще про диссоціацію электролита въ водномъ растворѣ, т. е. припомнимъ свойство молекулы въ иныхъ случаяхъ распадаться на іоны, заряженные нѣкоторымъ постояннымъ количествомъ электричества—то та гипотеза, которая лежитъ въ основѣ объясненія всѣхъ упомянутыхъ явленій, пріобрѣтаетъ высокую степень вѣроятности. Электричество пріобрѣтаетъ свойства субстанціи, раздѣленной, какъ и вѣсомая матерія, на нѣкоторыя мельчайшія недѣлимыя части—электроны. Электроны связаны съ нѣкоторымъ небольшимъ количествомъ вѣсомой матеріи, съ которымъ могутъ удаляться изъ сферы дѣйствія молекулы. Количество вещества въ электронѣ—около 1/1000 атома водорода. По удаленіи отрицательнаго электрона изъ молекулы, остатокъ ея представляетъ изъ себя положительно заряженный іонъ, легко принимающій въ себя встрѣчающійся съ нимъ отрицательный электронъ.

---

[1]) Потерю заряда раскаленною нитью впервые наблюдалъ Эдиссонъ, по имени котораго это явленіе иногда называютъ.

Въ заключеніе приведемъ таблицу для значеній e/m, полученныхъ разными изслѣдователями и съ разными физическими объектами. Здѣсь e выражено въ абсолютныхъ электромагнитныхъ единицахъ, а m—въ граммахъ

Таблица значеній отношенія e/m.

Объектъ изслѣдованія	Наблюдатель	Способъ опредѣленія	$10^{7}\,e/m$
Катодные лучи. . . .	Дж. Дж. Томсонъ	Магнитное и электрост. отклоненіе.	0·77
"	"	Магнитное отклоненіе и энергія	1·17
"	Кауфманъ	Магнитное отклоненіе и разн. потенціаловъ.	1·86
"	Зимонъ	тоже	1·865
"	Зейнецъ (1902)	Различными способами.	1·87
Лучи Ленарда	Ленардъ	Магнитное и электрост. отклоненія	0·639
"	"	Магнитное отклоненіе и разн. потенціаловъ.	0·68
Актиноэл. явленія. . .	"	тоже	1·15
Іоны раскален. тѣлъ . .	Дж. Дж. Томсонъ	Магнитное отклоненіе и разн. потенціаловъ.	0·87
Радій	Кауфманъ	Магнитное и электрост. отклоненія.	1·84

При электролизѣ водныхъ растворовъ для водорода получается $e/m = 0{\cdot}966.10^{4}$.

5. *Іонизированіе газа; Х-лучи, какъ іонизаторъ.*

До сихъ поръ, говоря о прохожденіи электричества чрезъ газъ, мы останавливали свое вниманіе на тѣхъ носителяхъ электричества, которые собственно газу не принадлежатъ, а—посредствомъ разныхъ агентовъ — вводятся въ газъ съ поверхности твердаго или жидкаго тѣла. Теперь спросимъ себя, что произойдетъ, если найдется такой агентъ, который дѣйствовалъ бы на газовую молекулу также, какъ другіе агенты дѣйствуютъ на молекулы тѣлъ иныхъ аггрегатныхъ состояній. Конечно, тру-

дно думать, чтобы въ этомъ отношеніи молекулы газа принципіально разнились отъ другихъ молекулъ; поэтому нужно полагать, что при извѣстныхъ условіяхъ молекула газа можетъ распасться, выдѣливъ изъ себя отрицательный электронъ; но дальше обнаружится существенная разница въ отношеніи газа и напримѣръ, твердаго тѣла; въ послѣднемъ молекула связана извѣстными силами съ своимъ мѣстонахожденіемъ и остается на немъ послѣ удаленія отрицательнаго электрона; въ газѣ молекулы движутся вполнѣ свободно; поэтому, послѣ расщепленія молекулы газа получаются, двѣ части — одна, заряженная отрицательно, другая — положительно; обѣ вполнѣ подвижны, обѣ легко могутъ слѣдовать силамъ электростатическаго поля, если таковое развито въ газѣ. *Такимъ образомъ мы имѣемъ здѣсь тѣ же условія, которыя наблюдаются въ водныхъ растворахъ электролита; проводимость газа—электролитическаго характера* и состоитъ въ движеніи по противоположнымъ направленіямъ противоположно-заряженныхъ іоновъ; число и скорость движущихся такимъ образомъ іоновъ обусловливаетъ величину тока, идущаго чрезъ газъ.

Все дальнѣйшее наше изложеніе будетъ тѣсно связано съ этимъ представленіемъ, которое нынѣ составляетъ основу теоріи электропроводности газа. Агенты, расщепляющіе молекулы газа, мы будемъ называть іонизаторами, самый процессъ расщепленія –іонизированіемъ; расщепленныя части молекулы, какъ и въ ученіи объ электролитической диссоціаціи, называются іонами. Остановимся сначала на X-лучахъ, какъ іонизаторѣ газа; опыты, произведенные съ ними, прекрасно вводятъ насъ въ кругъ идей, относящихся къ разсматриваемому явленію.

Газъ, подверженный дѣйствію X-лучей, становится проводящимъ; въ отличіе отъ дѣйствія ультрафіолетовыхъ лучей на поверхности, твердыхъ и жидкихъ тѣлъ X-лучи разряжаютъ, какъ отрицательно, такъ и положительно заряженныя тѣла. При этомъ они дѣйствуютъ именно на газъ, а не на поверхность проводниковъ: пропуская напр. пучокъ x-лучей между обкладками воздушнаго конденсатора, мы быстро разрядимъ его, даже если обкладки будутъ тщательно защищены отъ дѣйствія лучей [1]).

---

[1]) Выше упоминалось о дѣйствіяхъ X-лучей на поверхности твердыхъ тѣлъ.

Дж. Дж. Томсонъ и Рутерфордъ обнаружили слѣдующія свойства газа, пронизаннаго *X*-лучами: газъ, подвергшійся ихъ дѣйствію, на нѣкоторое время сохраняетъ свою проводимость и послѣ устраненія этихъ лучей. Можно сдуть рёнтгенизированный воздухъ на защищенный отъ дѣйствія лучей проводникъ, и тотъ разряжается болѣе или менѣе быстро, смотря по тому, сколько времени потребовалось газу, чтобы отъ мѣста рёнгенизаціи дойти до проводника. Газъ не теряетъ своей электропроводности при нагрѣваніи даже до очень высокой температуры; онъ сохраняетъ ее, проходя чрезъ тонкую металлическую рѣшетку или тюль; напротивъ, пробка изъ стеклянной ваты вполнѣ уничтожаетъ электропроводность газа; газъ теряетъ свою электроводность, если его пропустить пузырьками чрезъ воду.

Въ рёнтгенизированномъ и благодаря этому проводящемъ электричество газѣ можно обнаружить существованіе „центровъ сгущенія" пересыщеннаго водяного пара; когда пропадаетъ электропроводность, исчезаютъ и эти центры сгущенія.

Измѣненія, пріобрѣтенныя газомъ при рёнтгенизированіи, быстро исчезаютъ, если чрезъ него пропускать электрическій токъ. Опытъ располагался такъ: отъ мѣста дѣйствія лучей газъ перекачивался къ заряженному электроскопу чрезъ металлическую трубку, по оси которой проходила уединенная проволока; если трубка и осевая проволока не заряжены, электроскопъ—при прохожденіи мимо него рёнтгенизированнаго воздуха—быстро разряжался; стоило, однако, соединить трубку и внутреннюю проволоку съ концами батареи аккумуляторовъ, чтобы разряжающее дѣйствіе газа на электроскопъ немедленно прекратилось; электропроводность газа уничтожается именно токомъ, проходящимъ чрезъ газъ, а не электростатическимъ полемъ: если повторить предыдущій опытъ, окруживъ осевую проволоку слоемъ изолятора, то газъ, проходя чрезъ трубку, останется электропроводящимъ и разрядитъ электроскопъ.

Всѣ эти свойства рёнтгенизированнаго газа поразительно схожи съ тѣми, которыя присущи слабому электролитическому раствору. Электрическій токъ, проходя по такому раствору, въ концѣ концовъ отложитъ все растворенное вещество на электроды, послѣ чего электропроводность раствора должна исчезнуть; она останется безъ измѣненія, если произвести внутри раствора электростатическое поле, не пропуская тока, т. е. изолируя опущенные въ растворъ электроды.

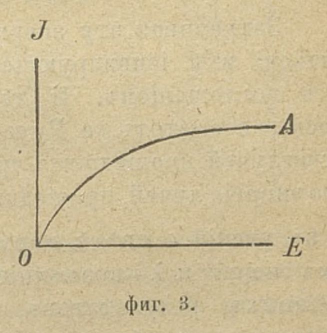
И остальныя свойства электролитическаго раствора наблюдаются въ рёнтгенизированномъ газѣ. Извѣстно, что въ электролитѣ разноименные іоны обладаютъ различными подвижностями, благодаря чему электролизъ вызываетъ измѣненія концентраціи раствора около электродовъ. Прохожденіе тока чрезъ рёнгенизированный газъ вызываетъ неравномѣрное распредѣленіе іоновъ; разноименные іоны рёнгенизированнаго газа тоже, повидимому, обладаютъ неодинокими подвижностями: вслѣдствіе чего положительные іоны газа можно отдѣлить отъ отрицательныхъ. Это достигается въ описанномъ выше опытѣ, когда осевая проволока покрыта слоемъ изолятора и заряжена до высокаго потенціала; если рёнтгенизированный газъ прогоняется чрезъ такую трубку, то болѣе подвижные іоны (отрицательные) притягиваются или къ стѣнкамъ трубки или къ изолирующему слою проволоки (смотря по знаку заряда послѣдней), а менѣе подвижные успѣютъ пройти вмѣстѣ съ газомъ чрезъ трубку, вслѣдствіе этого газъ въ сосудѣ оказывается заряженнымъ; здѣсь онъ отдаетъ свой зарядъ стѣнкамъ сосуда; этотъ зарядъ обнаруживается электроскопомъ, соединеннымъ съ сосудомъ.

Электропроводность электролитическаго раствора обусловлена числомъ диссоціированныхъ молекулъ электролита. Въ немъ постоянно происходитъ съ одной стороны распаденіе новыхъ молекулъ на іоны, съ другой — соединеніе въ молекулы встрѣчающихся противоположныхъ іоновъ. Когда тока нѣтъ, окончательная диссоціація опредѣляется подвижнымъ равновѣсіемъ между тѣмъ и другимъ процессами Когда проходитъ токъ, онъ выводитъ изъ раствора нѣкоторую часть диссоціированныхъ молекулъ, и въ то же время диссоціируются новыя частицы, но вообще токъ (сравнительно съ молекулярными причинами появленія и исчезновенія іоновъ) дѣйствуетъ очень медленно, и можно считать, что въ присутствіи тока равновѣсіе наступаетъ при той же концентраціи диссоціированныхъ молекулъ, что и безъ него.

Посмотримъ какія явленія въ іонизированномъ газѣ соотвѣтствуютъ только-что описаннымъ. Здѣсь бросается въ глаза одно крупное отличіе отъ прежнихъ условій. Молекулы газа сами собой не іонизируются, и потому проводимость газа будетъ обусловливаться не внутри-молекулярными причинами, а большею или меньшею интенсивностью дѣйствія *X*-лучей Іоны, произведенные послѣдними въ газѣ, будутъ отчасти вновь встрѣчаться

и „молизироваться", отчасти перемѣщаться къ электродамъ, производя явленіе тока. Величина тока будетъ зависѣть отъ того, какая часть іоновъ прежде, чѣмъ успѣетъ молизироваться, будетъ выведена изъ газа электровозбудительною силою цѣпи. Въ жидкомъ электролитѣ этого не бываетъ, ибо тамъ сколько іоновъ выводится изъ раствора, столько вновь появляется отъ распаденія частицъ; сюда присоединяется еще то обстоятельство, что въ газѣ іоны несомнѣнно должны обладать большею подвижностью, чѣмъ въ сильно сопротивляющейся ихъ движенію жидкости; процессъ выведенія токомъ іоновъ изъ газа долженъ итти быстрѣе, еще сильнѣе обнаруживая слѣдствія указаннаго различія.

Итакъ, мы можемъ ожидать слѣдующихъ явленій: покуда разница потенціаловъ на электродахъ, опущенныхъ въ рёнтгенизированный газъ, мала, не всѣ образовавшіеся іоны примутъ участіе въ токѣ—часть ихъ молизируется. По мѣрѣ увеличенія электродвижущей силы, все бо́льшая часть іоновъ будетъ достигать электродовъ; наконецъ наступитъ моментъ, когда всѣ образуемые лучами іоны будутъ использованы токомъ; послѣ этого дальнѣйшее увеличеніе электродвижущей силы не будетъ влечь за собою увеличенія тока—онъ будетъ „насыщенъ". Опыты Дж. Дж. Томсона и Рутерфорда блистательно подтверждаютъ эти соображенія. Кривая OA (фиг. 3), построенная на основаніи этихъ опытовъ, представляетъ зависимость тока J отъ разности потенціаловъ E на электродахъ, погруженныхъ въ рёнтгенизированный газъ. Этотъ токъ можетъ быть измѣренъ такъ: одинъ изъ электродовъ, предварительно соединенный съ электрометромъ и изолированный, заряжается; затѣмъ въ теченіе опредѣленнаго промежутка времени, напр. 1/4 минуты, воздухъ между электродами рёнтгенизуютъ. Если извѣстна электроемкость системы, то измѣнившееся показаніе электрометра дастъ величину заряда, ушедшаго чрезъ газъ съ электрода. На чертежѣ существованіе тока насыщенія выступаетъ вполнѣ ясно.



фиг. 3.

Мы видимъ, что J связано съ E довольно сложною зависимостью; во всякомъ случаѣ и *рѣчи не можетъ быть о томъ, чтобы токъ въ газахъ подчинялся закону Ома.* Нѣкоторое формальное

сходство съ нимъ получается въ той области очень малыхъ E, гдѣ кривая наша вблизи начала координатъ протекаетъ почти прямолинейно. Говорить же о „сопротивленіи“ или „проводимости“ газа въ томъ смыслѣ, какъ это дѣлается въ отношеніи твердыхъ и жидкихъ проводниковъ, не имѣетъ смысла: здѣсь эти величины оказались бы зависящими отъ электродвижущей силы.

Одинъ примѣръ можетъ ясно показать къ какой путаницѣ ведетъ перенесеніе на газъ тѣхъ законностей, которыя относятся къ сопротивленію твердыхъ проводниковъ; тамъ, напр. сопротивленіе проволоки прямо пропорціонально ея длинѣ; въ газахъ при нѣкоторыхъ условіяхъ мы, наоборотъ, могли бы замѣтить увеличеніе тока при увеличеніи разстоянія между электродами. Въ самомъ дѣлѣ, при увеличеніи разстоянія между электродами увеличивается и объемъ заключающагося между ними рёнтгенизуемаго газа, слѣд. увеличивается число іонизируемыхъ молекулъ; при насыщенномъ токѣ мы теперь получимъ большее число достигающихъ электродовъ іоновъ, т. е. большій токъ. Это вполнѣ подтверждается опытами Дж. Дж. Томсона и Рутерфорда.

Теперь мы остановимся на вопросѣ о той энергіи, которая, какъ выяснилось, необходима, чтобы произвести работу расщепленія противоположно заряженныхъ и потому взаимно-притягивающихся іоновъ молекулы.

Затрачивая эту энергію, X-лучи должны постепенно ослабляться; ихъ іонизирующее дѣйствіе должно итти рядомъ съ ихъ поглощеніемъ. И дѣйствительно, рядъ изслѣдователей, и прежде всего тотъ же Рутерфордъ, могли замѣтить ослабленіе дѣйствія лучей, прошедшихъ чрезъ толщу газа. Рутерфордъ полагаетъ, что энергія лучей, прошедшихъ слой толщиною x, выражается, какъ и въ ученіи о свѣтѣ, формулою $J = J_0 e^{-\lambda x}$, гдѣ J_0 — начальная ихъ энергія и λ — коэффиціентъ поглощенія. Однако, рядъ количественныхъ результатовъ, полученныхъ Рутерфордомъ, нужно принимать съ нѣкоторою осторожностью. Дѣло въ томъ, что X-лучи не представляютъ изъ себя вполнѣ однородной радіаціи, а скорѣй цѣлый спектральный комплексъ радіацій; изъ нихъ однѣ поглощаются сильнѣе, другія слабѣе; коэффиціентъ поглощенія окажется различнымъ въ зависимости отъ различнаго спектральнаго состава пучка; онъ будетъ уменьшаться съ увеличеніемъ разстоянія отъ источника, такъ какъ по пути пучокъ бу-

детъ постепенно очищаться отъ болѣе поглощаемой части радіацій. Для твердыхъ тѣлъ всѣ эти законности были довольно скоро послѣ открытія Рёнтгена обнаружены Дж. Дж. Томсономъ. Поглощаясь, *X*-лучи должны различно дѣйствовать въ разныхъ газахъ: въ однихъ бо́льшая часть поглощенной энергіи можетъ превратиться въ тепло, въ другихъ она идетъ на энергію іонизаціи. Въ разныхъ газахъ на одно и то же число расщепляемыхъ молекулъ можетъ понадобиться разное количество энергіи. За всѣми этими оговорками замѣтно существованіе извѣстнаго параллелизма между величинами коэффиціента поглощенія и числомъ образующихся іоновъ (послѣднее измѣряется, какъ мы уже видѣли, величиною насыщеннаго тока, причемъ величина послѣдняго въ воздухѣ принята за единицу). Это видно изъ прилагаемой таблицы, данной Рутерфордомъ:

Названіе газа	λ	Іонизація
Водородъ.	(мало)	0·5
Воздухъ	0·001	1·0
Кислородъ	около 0·001	1·2
Азотъ	около 0·001	0·9
Свѣтильный газъ. . .	около 0·001	0·8
Углекислота.	около 0·001	1·2
Сѣрнистый газъ . . .	0·0025	4
Сѣрнистый водородъ .	0·0037	6
Хлористый водородъ .	0·0065	11
Хлоръ	0·0095	18

Остановимся еще на томъ вліяніи, которое можетъ имѣть на іонизированіе измѣненіе давленія въ какомъ-нибудь одномъ газѣ. Такъ какъ вообще поглощеніе пропорціонально концентраціи поглощающаго вещества, а іонизація, при прочихъ равныхъ условіяхъ, пропорціональна поглощенію, то слѣдуетъ ожидать, что съ увеличеніемъ давленія въ газѣ іонизація его будетъ рости пропорціонально давленію. Этимъ вопросомъ занимался Перренъ и дѣйствительно могъ констатировать такую законность. Іонизація измѣрялась токомъ насыщенія, проходившимъ между двумя обкладками, когда рёнтгеновскіе лучи пронизывали газъ въ

промежуткѣ между обкладками, не касаясь послѣднихъ. Давленіе газа между обкладками можно было регулировать по желанію.

Для послѣдующаго необходимо замѣтить, что всѣ описанные до сихъ поръ опыты производились при давленіяхъ порядка атмосфернаго.

(Окончаніе слѣдуетъ).

Распаденіе радіоактивныхъ элементовъ.

Э. Рутерфорда [1])

Прошло не болѣе семи лѣтъ съ тѣхъ поръ, какъ Беккерель открылъ, что уранъ и его соединенія обладаютъ способностью самопроизвольно и непрерывно испускать лучи, которые проникаютъ чрезъ непрозрачныя для свѣта тѣла, дѣйствуютъ на чувствительную пластинку и быстро разряжаютъ электроскопъ. Въ этотъ короткій промежутокъ времени открытіе Беккереля разрослось въ обширный и важный отдѣлъ науки; каждое новое открытіе только увеличивало интересъ, возбужденный замѣчательными свойствами радіоактивныхъ тѣлъ, изъ которыхъ уранъ былъ первымъ примѣромъ. Послѣ тщательнаго изслѣдованія всѣхъ извѣстныхъ элементовъ, было найдено, что торій наравнѣ съ ураномъ испускаетъ лучи, а супругамъ Кюри удалось извлечь изъ смоляной руды два чрезвычайно активныхъ вещества—радій и полоній; первый оказался новымъ элементомъ съ большимъ атомнымъ вѣсомъ и обладающимъ удивительно сильною радіаціею: лучи, исходящіе изъ нѣсколькихъ зернышекъ радія, заставляютъ ярко флуоресцировать экранъ, покрытый ціанисто-

---

[1]) Переводъ съ англійскаго: Disintegration of the Radioactive Elements, by E. Rutherford, F. R. S., Prof. of Physics, McGill University (Harper's Monthly Magazine, Jan. 1904).

платиновымъ баріемъ. Наконецъ Дебьернъ нашелъ еще одно очень активное вещество, которое онъ назвалъ актиніемъ. Ни полоній, ни актиній не были еще химически изолированы.

Радіоактивныя тѣла не только замѣчательны тѣмъ, что, не испытывая замѣтныхъ измѣненій, непрерывно и неопредѣленно долгое время испускаютъ лучи, но также и по особымъ свойствамъ этихъ лучей. Мы ограничимся здѣсь изученіемъ свойствъ трехъ болѣе извѣстныхъ и лучше изслѣдованныхъ радіоактивныхъ веществъ—урана, торія и радія.

Эти вещества испускають сложные лучи, состоящіе изъ трехъ различныхъ родовъ лучей, которые условились называть α-, β- и γ-лучи. Всего обстоятельнѣе были изслѣдованы β-лучи, какъ въ отношеніи ихъ способности проникать, такъ и по ихъ свойству возбуждать фосфоресценцію въ большомъ числѣ веществъ. Эти лучи легко отклоняются магнитомъ и обладають всѣми свойствами катодныхъ лучей, вызываемыхъ электрическимъ разрядомъ въ круксовской трубкѣ. Дж. Дж. Томсонъ показалъ, что катодные лучи образуются потокомъ отрицательно заряженныхъ частичекъ, или такъ называемыхъ электроновъ, движущихся съ громадною скоростью. Каждый изъ этихъ электроновъ имѣетъ массу въ одну тысячную массы атома водорода; это самыя малыя тѣльца, которыя извѣстны въ наукѣ. β-частички выбрасываются со скоростью въ десять разъ большею, чѣмъ катодныя частички въ круксовской трубкѣ и движутся со скоростью болѣе 50000 km. въ секунду.

γ-лучи обнаруживаются только въ пучкѣ очень активныхъ веществъ, какъ радій, и отличаются большою способностью проникать чрезъ тѣла; такъ напр. они замѣтнымъ образомъ дѣйствуютъ чрезъ кусокъ желѣза толщиною въ футъ; повидимому, γ-лучи суть наиболѣе проникающіе рёнгеновскіе лучи; внезапно задержанные они порождаютъ β-или катодные лучи.

Въ отношеніи радіоактивности какъ β-, такъ и γ-лучи имѣютъ очень второстепенное значеніе сравнительно съ α-лучами, обладающими лишь слабою способностью проникать и потому вполнѣ поглощаемыми при ихъ прохожденіи чрезъ слой воздуха въ нѣсколько центиметровъ толщины или чрезъ листъ писчей бумаги. Эти лучи отклоняются какъ электрическимъ, такъ и магнитнымъ полемъ, но въ направленіи противоположномъ тому, въ которое отклоняются β лучи. Изъ этихъ опытовъ можно вывести заключеніе, что α лучи состоятъ изъ потока час-

тицъ, движущихся со скоростью 10000 km/sec и заряженныхъ положительно. Масса каждой α-частицы приблизительно въ два раза больше массы атома водорода и слѣдовательно въ 2000 разъ больше массы катодной или β-частички. Эти скорости неизмѣримо больше тѣхъ, которыя можно механическими способами сообщать обыкновенной матеріи; напр. пуля вылетаетъ изъ ружья со скоростью 1 km/sec, такъ что наши атомные снаряды обладаютъ скоростью въ 40000 разъ большею. Такъ какъ кинетическая энергія движущагося тѣла возростаетъ, какъ квадратъ скорости, то кинетическая энергія атомныхъ снарядовъ громадна, не смотря на ихъ ничтожную массу. Если бы можно было пушечному ядру сообщить такую скорость, то при ударѣ его о препятствіе въ немъ развилось бы такое количество тепла, которое въ нѣсколько тысячъ разъ больше того, какое нужно для расплавленія ядра и обращенія его въ паръ.

Кинетическая энергія каждой выброшенной частицы настолько велика, что при ударѣ о нѣкоторыя тѣла, какъ напр. сѣрнистый цинкъ, она вызываетъ легко замѣтную вспышку свѣта. Одинъ изъ блестящихъ опытовъ Крукса состоитъ въ томъ, что маленькій кусочекъ радія помѣщается вблизи экрана, покрытаго сѣрнистымъ цинкомъ; если послѣдній разсматривать въ темнотѣ чрезъ увеличительное стекло, то онъ, не представляется равномѣрно освѣщеннымъ, а на немъ видны многочисленныя точки, то вспыхивающія, то потухающія, подобно мерцанію звѣздъ въ темную ночь. Это явленіе обусловливается дождемъ атомныхъ снарядовъ, падающимъ на экранъ; каждый изъ этихъ снарядовъ, ударяя въ экранъ, вызываетъ вспышку, которая ясно видна глазомъ. Этотъ опытъ одинъ изъ самыхъ удивительныхъ и поучительныхъ: онъ наглядно представляетъ характерное свойство радіоактивныхъ тѣлъ выбрасывать изъ себя матеріальныя частички. Глядя на такой опытъ, трудно повѣрить, чтобы радій не разсѣялся скоро вслѣдствіе непрерывнаго выбрасыванія матеріальныхъ частичекъ; но даже въ самой малой массѣ радія число атомовъ столь громадно, что процессъ можетъ продолжаться вѣроятно сотни лѣтъ прежде, чѣмъ замѣтная доля радія исчезнетъ.

Это непрерывное истеченіе матеріальныхъ частичекъ изъ радія, вѣроятно, служитъ причиною замѣчательнаго явленія, недавно открытаго Кюри и Лабордомъ, а именно, что кусочекъ радія всегда нагрѣтъ на 2° или на 3° выше, чѣмъ окружающій

воздухъ. Съ нашей точки зрѣнія нагрѣваніе радія обусловливается его бомбардированіемъ α-частичками, происходящими изъ него самого: энергія этихъ снарядовъ превращается въ теплоту in situ, и потому температура радія поднимается надъ температурою окружающаго воздуха.

Интенсивность истеченія α-частичекъ не зависитъ отъ теплового состоянія тѣла—въ предѣлахъ отъ температуры жидкаго воздуха до температуры краснаго каленія; она зависитъ только отъ даннаго количества активнаго элемента и не зависитъ отъ того, соединенъ-ли этотъ элементъ съ какимъ-нибудь неактивнымъ веществомъ. Такимъ образомъ способность лучеиспусканія присуща радіоактивному элементу и принадлежитъ самимъ атомамъ. Такъ какъ лучеиспусканіе состоитъ въ выбрасываніи частичекъ, то эти послѣднія должны составить части атомовъ, которые при этомъ должны испытывать распаденіе. Нельзя вообразить себѣ механизма, при помощи котораго одна часть атома отбрасывала бы отъ себя другую часть, сообщая ей большую скорость; скорѣе можно допустить, что атомы сами очень сложныя системы, состоящія изъ быстро вращающихся заряженныхъ меньшихъ частей, которыя удерживаются въ равновѣсіи силами своего взаимодѣйствія. По нѣкоторымъ причинамъ атомъ становится неустойчивымъ, и одна изъ этихъ частей внезапно вырывается изъ системы со скоростью, которою она обладала на своей орбитѣ

Гипотеза о самопроизвольномъ распаденіи радіоактивныхъ элементовъ была недавно предложена Содди и много не только для объясненія матеріальной природы ихъ лучей, но и для объясненія свойства этихъ элементовъ производить изъ себя радіоактивную матерію, совершенно иныхъ химическихъ свойствъ.

Наиболѣе интересные и наиболѣе изученные изъ этихъ радіоактивныхъ продуктовъ суть эманаціи торія и радія. Эти эманаціи, даваемыя лишь торіемъ и радіемъ, но не ураномъ, состоятъ изъ мельчайшихъ частичекъ матеріи, обладающею лишь на нѣкоторое время свойствомъ испускать лучи; онѣ непрерывно разсѣиваются изъ массы активнаго вещества въ окружающій воздухъ. Если надъ активнымъ веществомъ пропустить токъ воздуха, то эманація, какъ обыкновенный газъ, имъ уносится и затѣмъ она продолжаетъ испускать лучи въ продолженіе нѣкотораго времени послѣ своего перемѣщенія. Способность лучеиспускать не постоянна; съ теченіемъ времени она убываетъ

въ геометрической прогрессіи. Эти двѣ эманаціи различаются скоростями, съ которыми онѣ теряютъ свою активность: эманація радія теряетъ половину своей активности въ четыре дня, а эманація торія—въ нѣсколько минутъ. Эманація радія, какъ обыкновенный газъ, можетъ быть собрана въ сосудъ и сохраняетъ еще нѣкоторую активность по истеченіи мѣсяца.

Опыты показали, что эманаціи обладаютъ всѣми свойствами газовъ. Онѣ быстро диффундируютъ въ воздухѣ и чрезъ попористыя тѣла, какъ бумага, и не проходятъ чрезъ тонкій слой слюды. Скорость ихъ диффузіи такова же, какъ газа съ молекулярнымъ вѣсомъ въ 100. Наконецъ дѣйствіемъ крайняго холода эманація сгущается и теряетъ способность улетучиваться; такимъ образомъ эманація можетъ быть выдѣлена изъ смѣси другихъ газовъ; эманація торія начинаетъ сгущаться при—120°, а эманація радія при—150° Ц.

Нѣтъ никакого сомнѣнія, что эти эманаціи суть новые газы, обладающіе активностью; химическіе реактивы, не дѣйствуютъ на нихъ, какъ и на недавно открытые газы атмосферы—аргонъ, ксенонъ и криптонъ.

Существованіе эманацій было открыто и ихъ свойства были изслѣдованы при помощи ихъ способности испускать лучи. Эманаціи были получены въ такихъ ничтожныхъ количествахъ, что не могли быть изслѣдованы спектроскопомъ или вѣсами, но когда въ нашемъ распоряженіи будетъ большее количество радія, тогда его эманацію можно будетъ собрать въ количествѣ достаточномъ для химическаго изслѣдованія.

Иногда эманація не можетъ выдѣляться изъ активнаго вещества, но собирается и прибавляется къ самому активному веществу; въ случаѣ сухого хлористаго радія эта скрытая или окклюдированная эманація обусловливаетъ болѣе половины его способности лучеиспускать.

Количество энергіи, лучеиспускаемой эманаціею, огромно сравнительно съ ея массою. Эманація, сокрытая въ нѣсколькихъ зернышкахъ хлористаго радія, будучи освобождена раствореніемъ или нагрѣваніемъ, достаточна для возбужденія яркаго свѣченія экрана, покрытаго сѣрнистымъ цинкомъ, въ теченіе нѣсколькихъ дней. Между тѣмъ это быстрое истеченіе энергіи обусловливается незамѣтнымъ количествомъ газообразной матеріи. Если бы можно было собрать кубическій центиметръ этого активнаго газа, то бомбардировка, вызываемая его сильнымъ лу-

чеиспусканіемъ, нагрѣла бы до-красна стѣнки стекляннаго сосуда, въ которомъ газъ заключенъ.

Эманаціи торія и радія обладаютъ не только способностью лучеиспускать, но еще замѣчательнымъ свойствомъ возбуждать активность въ каждомъ веществѣ, съ которымъ онѣ приходятъ въ соприкосновеніе; эта возбужденная или „наведенная" активность съ теченіемъ времени исчезаетъ.

Активность, наведенная въ неактивномъ веществѣ, обусловливается невидимымъ и незамѣтнымъ осадкомъ на немъ активнаго вещества; послѣднее имѣетъ опредѣленныя химическія свойства, ибо растворяется въ однѣхъ кислотахъ и не растворяется въ другихъ. Если испарить кислоту, въ которой было растворено активное вещество, то послѣднее сохраняется и ея активность остается безъ измѣненія такимъ процессомъ. Недавно г-жа Гэтсъ показала, что при бѣломъ каленіи активное вещество испаряется и осаждается на окружающихъ холодныхъ тѣлахъ.

Теперь необходимо разсмотрѣть другой радіоактивный продуктъ торія, изученіе котораго проливаетъ свѣтъ на процессы, происходящіе не только въ торіѣ, но также въ уранѣ и въ радіѣ. Прежніе опыты привели къ убѣжденію, что радіоактивность торія остается постоянною и есть неизмѣняющееся свойство этого элемента; между тѣмъ простымъ химическимъ процессомъ можно отъ торія отдѣлить наибольшую часть его активности и сконцентрировать ее въ маломъ количествѣ чрезвычайно активнаго вещества. Если въ растворъ торія влить аміака, то торій, осаждаясь, теряетъ болѣе половины своей активности. Если профильтрованную жидкость, которая тѣмъ самымъ очищается отъ торія, нагрѣть и испарить, то вся потерянная торіемъ активность сосредоточивается въ ничтожномъ остаткѣ, который (при равной массѣ) въ тысячи разъ активнѣе начальнаго торія. Этотъ активный остатокъ называется торіемъ-*X*.

Наблюденія надъ тѣмъ, какъ съ теченіемъ времени измѣняются активности осажденнаго торія и торія-*X*, открыли замѣчательный фактъ, что торій самопроизвольно вновь пріобрѣтаетъ потерянную активность по мѣрѣ того, какъ торій-*X* теряетъ ее: активность смѣси осажденнаго торія и торія-*X* всегда равна активности торія до его химической обработки; по истеченіи мѣсяца торій-*X* почти неактивенъ, тогда какъ торій пріобрѣтаетъ свою прежнюю активность. Когда по прошествіи

достаточнаго времени торій возстановитъ свою активность, процессъ можно повторить и т. д.

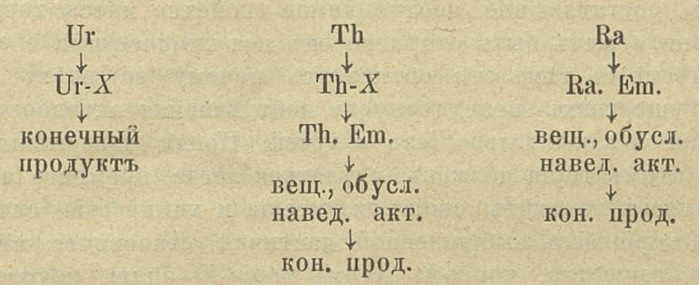
Этотъ неожиданный результатъ вполнѣ объясняется предположеніемъ, что торій непрерывно выработываетъ изъ себя радіоактивное вещество—торій-*X*, отличное по химическимъ свойствамъ отъ самого торія. Съ теченіемъ времени способность торія-*X* убываетъ въ геометрической прогрессіи, слѣдуя тому же закону, какъ убываніе активности эманаціи, но съ другою скоростью. Съ этой точки зрѣнія постоянство радіоактивности торія есть результатъ двухъ противоположныхъ процессовъ: постепеннаго выработыванія активной матеріи и уменьшенія активности этой матеріи.

Дальнѣйшія изслѣдованія открыли важный фактъ, что эманація выдѣляется не торіемъ, а торіемъ-*X*; если торій отдѣлить отъ торія-*X*, то одинъ только послѣдній даетъ эманацію, а первый ея не даетъ. Способность торія-*X* выдѣлять эманацію уменьшается съ тою же скоростью, какъ и его способность лучеиспускать. Этотъ законъ, примѣняющійся вообще ко всѣмъ активнымъ продуктамъ, которые до сихъ поръ были получены, показываетъ, что способность лучеиспускать сопровождаетъ переходъ одного вещества въ слѣдующее.

Такимъ образомъ мы видимъ, что торій образуетъ цѣлый рядъ активныхъ веществъ, изъ коихъ каждое имѣетъ особыя свойства: торій даетъ торій-*X*, который даетъ эманацію; послѣдняя же въ свою очередь переходитъ въ вещество, обусловливающее „наведенную“ активность. Торій-*X* растворимъ въ амміакѣ, а торій нерастворимъ; эманація есть инертный газъ, не обладающій опредѣленными химическими свойствами; вещество, обусловливающее наведенную активность, подобно твердому тѣлу, которое растворяется въ сѣрной и соляной кислотахъ, но не растворяется въ амміакѣ.

Радіоактивные элементы—уранъ, торій и радій—представляютъ различныя, но все-таки аналогичныя свойства. Уранъ даетъ новый продуктъ, названный Круксомъ ураномъ-*X*; но этотъ послѣдній въ противность торію-*X* не даетъ ни эманаціи, ни наведенной активности. Въ рядѣ измѣненій радія нѣтъ фазы, соотвѣтствующей торію-*X* въ рядѣ измѣненій торія: сначала радій даетъ эманацію, которая въ свою очередь превращается

въ матерію, обусловливающую наведенную активность. Эти радіоактивные продукты можно представить слѣдующею таблицею:



Замѣтимъ въ заключеніе, что вещество, обусловливающее наведенную активность, испытываетъ два измѣненія въ случаѣ торія и три—въ случаѣ радія; эти вещества были открыты по ихъ способности испускать лучи; такъ какъ конечные продукты неактивны, то они лежатъ за предѣлами изслѣдованія этимъ способомъ.

Разсматриваемыя измѣненія хотя и химическія, но рѣзко отличаются отъ всего того, что прежде наблюдалось въ химіи: скорость образованія активнаго вещества и скорость ослабленія ихъ активности не измѣняются ни однимъ изъ извѣстныхъ дѣятелей; измѣненіе температуры, имѣющее такое сильное вліяніе на скорость химической реакціи, здѣсь не имѣетъ никакого значенія.

Самопроизвольное образованіе элементами ряда веществъ не можетъ обусловливаться распаденіемъ молекулярныхъ системъ, но должно происходить отъ дѣйствительнаго распаденія атомовъ радіоактивныхъ элементовъ на болѣе простыя формы. На основаніи всего опыта химіи слѣдуетъ думать, что измѣненіе температуры въ широкихъ предѣлахъ имѣетъ мало вліянія на устойчивость атома.

Открытіе, что лучеиспусканіе активнаго вещества состоитъ преимущественно изъ выбрасыванія заряженныхъ атомовъ, вдвое болѣе массивныхъ, чѣмъ атомы водорода, заставляетъ насъ нарисовать такую умственную картину процессовъ внутри атома, порождающаго рядъ продуктовъ. Будемъ имѣть въ виду торій. Предположимъ, что въ теченіе каждой секунды ничтожная часть атомовъ торія, не болѣе одного на милліоны билліоновъ, по какимъ-нибудь причинамъ дѣлается неустойчивою, и, какъ резуль-

татъ неустойчивости, каждый атомъ выбрасываетъ изъ себя часть своей массы съ громадною скоростью; это образуетъ α-лучи, составляющіе неотъемлимое свойство массы торія, которое не можетъ быть отдѣлено отъ нея химическими средствами; вмѣстѣ съ тѣмъ это объясняетъ почему во всѣхъ активныхъ веществахъ присутствуетъ неотдѣляемая активность, состоящая исключительно изъ α-лучей. Послѣ изверженія этой массы атомъ торія долженъ сдѣлаться легче прежняго и потому долженъ измѣнить свои физическія и химическія свойства. Атомъ торія безъ выброшенной частички становится атомомъ новаго вещества, торія-X. Атомъ торія-X опять неустойчивъ и выбрасываетъ изъ себя другую часть своей массы. Атомъ торія безъ двухъ выброшенныхъ частичекъ становится атомомъ эманаціи. Эта послѣдняя опять испытываетъ тѣ же процессы и измѣняется въ матерію, вызывающую наведенную активность и т. д. Разъ возникшіе процессы продолжаются сами собою съ опредѣленною скоростью отъ одной стадіи до другой.

Радіоактивные продукты, указанные въ нашей таблицѣ, состоятъ изъ неустойчивыхъ атомовъ, образуемыхъ распаденіемъ атомовъ радіоактивныхъ элементовъ въ послѣдовательныхъ стадіяхъ. Активность каждаго продукта есть результатъ его неустойчивости и служитъ мѣрою для количества матеріи, подвергающейся измѣненію. Такъ какъ атомы радіоактивныхъ продуктовъ неустойчивы и непрерывно распадаются на новыя системы, то вещества подобныя торію-X, урану-X и эманаціямъ не могутъ состоять изъ извѣстнаго рода матеріи, ибо во всѣхъ случаяхъ ихъ жизнь не продолжается болѣе нѣсколькихъ недѣль.

Если радіоактивные элементы подвергаются самопроизвольнымъ трансформаціямъ, то ихъ существованіе въ качествѣ элементовъ ограничено во времени. Какъ быстро совершаются процессы трансформаціи, это можетъ быть опредѣлено только лишь съ грубымъ приближеніемъ, но нѣтъ сомнѣнія, что въ случаѣ торія и урана эти процессы очень медленны. По умѣренной оцѣнкѣ милліонъ лѣтъ долженъ пройти прежде, чѣмъ тысячная часть данной массы этихъ элементовъ измѣнится. Въ радіѣ—въ виду громадной активности этого элемента—процессъ совершается въ милліонъ разъ быстрѣе, такъ что то же количество вещества должно измѣняться каждый годъ; иными словами радій не можетъ существовать дольше тысячи лѣтъ. Такимъ образомъ

активные элементы аналогичны тѣмъ радіоактивнымъ элементамъ, которые они порождаютъ, но измѣняются гораздо медленнѣе послѣднихъ.

Разница между этими измѣненіями радіоактивныхъ элементовъ и обыкновеннымъ химическимъ измѣненіемъ вещества становится ясною, если обратить вниманіе на количество энергіи, развиваемой въ теченіе самопроизвольныхъ трансформацій. Количество энергіи, излучаемой въ теченіе жизни радія, громадно сравнительно съ тѣмъ ея количествомъ, которое освобождается при какой-нибудь химической реакціи. Это громадное количество энергіи получается изъ запаса, скрытаго внутри атомовъ. Это выдѣленіе энергіи, обусловливается постепеннымъ распаденіемъ вещества и совершается даже въ случаѣ радія слишкомъ медленно, чтобы быть источникомъ сильнаго дѣйствія.

Если справедливъ этотъ взглядъ на превращенія радіоактивныхъ элементовъ, то можно-ли надѣяться провѣрить его въ скоромъ времени обыкновенными химическими пріемами? Существуетъ одинъ и то не прямой путь къ рѣшенію этого вопроса. Такъ какъ радіоактивные элементы, содержащіеся въ земной корѣ, должны были лучеиспускать въ теченіе цѣлыхъ геологическихъ эпохъ, то по всей вѣроятности продукты распаденія находятся примѣшанными къ нимъ. Замѣчательно, что гелій, какъ это обнаружилъ Рамзай, находится только въ радіоактивныхъ рудахъ. Въ виду этого обстоятельства и по другимъ соображеніямъ Содди и я два года тому назадъ предположили, что гелій можетъ быть продуктомъ распаденія радіоактивныхъ элементовъ. Еще надняхъ это было лишь предположеніе, ожидавшее своего оправданія; теперь же это предположеніе получило самое блестящее подтвержденіе.

Недавно Рамзай и Содди нашли, что гелій содержится въ газахъ, выдѣляемыхъ воднымъ растворомъ бромистаго радія; количество гелія было очень мало, но совершенно достаточно для того, чтобы дать вполнѣ ясный спектръ этого газа. Когда эманація была собрана въ маленькую разрядную трубку и чрезъ нее пропускали электрическій разрядъ, въ спектроскопъ было замѣчено нѣсколько новыхъ линій, которыя приписали эманаціи; чрезъ нѣсколько дней спектръ эманаціи ослабѣлъ въ яркости и вмѣсто него появился спектръ гелія. Это замѣчательное явленіе указываетъ на то, что гелій получается изъ эманаціи радія; по всей вѣроятности гелій состоитъ изъ α-частичекъ, которыя не-

прерывно выдѣляются изъ эманаціи. Мы видѣли, что масса α-частички вдвое больше массы атома водорода; но и масса атома гелія находится въ такомъ же отношеніи къ массѣ атома водорода.

Конечно, истолкованіе столь важныхъ опытныхъ результатовъ теоріи превращеній должно приниматься съ осторожностью, пока не будетъ доказано, что гелій, находящійся въ радіѣ, непрерывно образуется самъ собою въ этомъ элементѣ и не происходитъ изъ посторонняго источника.

Мысль, что всѣ химическіе элементы состоятъ изъ одной элементарной матеріи или изъ „протила", давно уже высказывалась многими учеными. Спектроскопическое изслѣдованіе звѣздъ привело Локьера къ убѣжденію, что во вселенной матерія испытываетъ непрерывный процессъ эволюціи. Звѣзды, нагрѣтыя до высокой температуры, состоятъ изъ легчайшей и самой простой матеріи, напр. изъ водорода или гелія; звѣзды же болѣе низкой температуры состоятъ изъ болѣе тяжелой и сложной матеріи. Изложенная выше теорія есть буквальное повтореніе указанныхъ сейчасъ положеній; они предполагаютъ непрерывное распаденіе матеріи: тяжелый и сложный атомъ дѣлится на болѣе легкія и простыя части; на подобныя измѣненія даже самыя высокія температуры, какія только можно получить въ лабораторіяхъ, имѣютъ малое вліяніе. Этотъ процессъ распаденія состоитъ не въ медленномъ превращеніи тѣла по всей его массѣ съ постепеннымъ измѣненіемъ его химическихъ свойствъ; этотъ процессъ состоитъ въ распаденіи per saltum, при которомъ лишь ничтожная часть вещества измѣняется одновременно и продукты имѣютъ ясно выраженныя химическія и физическія свойства, отличныя отъ свойствъ начальнаго вещества.

Происходитъ-ли подобный процессъ распаденія во всѣхъ матеріальныхъ тѣлахъ или только въ радіоактивныхъ элементахъ, это вопросъ, имѣющій исключительно теоретическій интересъ. Дѣйствительно опыты доказываютъ, что обыкновенная матерія обладаетъ радіоактивностью, хотя и очень незначительною; если это происходитъ не отъ примѣси радіоактивныхъ веществъ, то ясно, что вся матерія постепенно распадается на простѣйшія формы. Даже измѣненія, происходящія въ радіѣ, никогда не были бы замѣчены, если бы при этомъ онъ не выбрасывалъ изъ себя одного изъ продуктовъ распаденія и не сообщалъ ему громадной скорости. Матерія можетъ испытывать медленное распа-

деніе и не испускать лучей, по которымъ бы можно было замѣтить это лучеиспусканіе. Процессъ вымиранія можетъ быть совершенно незамѣтнымъ, но продукты его накопляются и съ вѣками онъ сводитъ матерію земли къ простѣйшимъ и къ болѣе устойчивымъ формамъ.

Физическій классъ

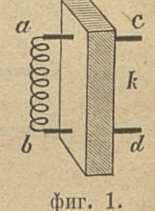
2. *Сопротивленіе проводниковъ*

Ф. И. Ростовцева.

Настоящая замѣтка посвящена описанію опытовъ, обнаруживающихъ, какъ измѣняется сопротивленіе проводниковъ подъ вліяніемъ различныхъ физическихъ факторовъ—тепла, свѣта и магнитизма.

1. *Съ повышеніемъ температуры металлическаго проводника его сопротивленіе увеличивается.*

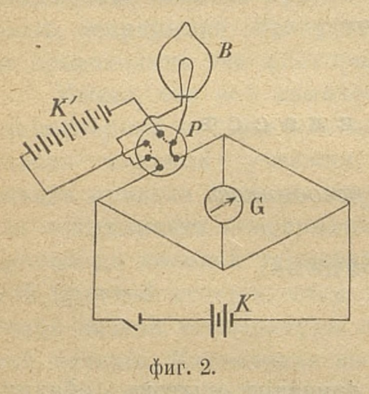
Длинную и тонкую желѣзную проволоку свиваютъ въ спираль ab (фиг. 1) и концы ея припаиваютъ къ болѣе толстымъ проволокамъ c и d, которыя пропущены чрезъ кусокъ пробки k. Эту пробку зажимаютъ въ штативъ такъ, чтобы спираль помѣщалась вертикально. Затѣмъ спираль нашу вводятъ въ одно изъ плечъ уитстонова мостика (ящика сопротивленій съ мостикомъ отъ Карпантье), а въ другое его плечо—при помощи реостата—такое сопротивленіе, чтобы стрѣлка гальванометра (зеркальнаго гальванометра Депре д'Арсонваля) не отклонялась при замыканіи и размыканіи цѣпи. Если теперь нашу желѣзную проволоку нагрѣть газовою горѣлкою и затѣмъ замкнуть токъ въ мостикѣ, то стрѣлка гальванометра отклонится и при томъ въ такую сторону, которая указываетъ, что сопротивленіе проволоки увеличилось.



фиг. 1.

2. *Съ нагрѣваніемъ угля его сопротивленіе уменьшается.*

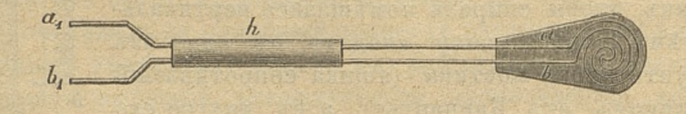
Въ одно изъ плечъ уитстонова мостика помѣстимъ коммутаторъ P (фиг. 2), при помощи котораго калильную лампочку B можно вводить то въ цѣпь батареи K', то въ мостикъ Уитстона. Начинаютъ съ того, что холодную лампочку вводятъ въ мостикъ и при помощи реостата подбираютъ во второмъ плечѣ такое сопротивленіе, чтобы стрѣлка гальванометра не отклонялась, при замыканіи тока въ приборѣ. Затѣмъ перекидываютъ коммутаторъ, накаляютъ лампочку и, быстро перекладывая коммутаторъ, опять вводятъ въ плечо уже раскаленный или сильно нагрѣтый уголекъ; при замыканіи цѣпи K стрѣлка гальванометра отклоняется, но въ сторону противоположную, чѣмъ въ предыдущемъ опытѣ; это указываетъ, что съ нагрѣваніемъ угля его сопротивленіе уменьшается, а не увеличивается, какъ въ случаѣ металлическаго проводника.



фиг. 2.

3. *Съ намагниченіемъ висмута его сопротивленіе увеличивается.*

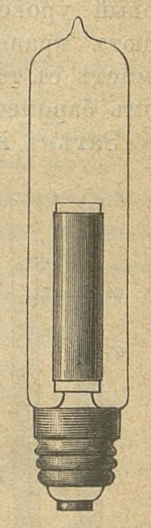
Въ плечо уитстонова мостика вводятъ *висмутовую спираль Ленарда*—плоскую спираль ab (фиг. 3) изъ висмутовой проволоки, зажатую между двумя слюдяными пластинками, которую помѣщаютъ между полюсами электромагнита (плоскостью перпендикулярно къ силовымъ линіямъ поля). Въ другое плечо вводятъ такое сопротивленіе, чтобы стрѣлка гальванометра не отклонялась, когда нѣтъ тока въ электромагнитѣ. Если затѣмъ замкнуть токъ въ электромагнитѣ, то стрѣлка гальванометра отклонится въ ту же сторону, какъ въ первомъ опытѣ; слѣдовательно въ магнитномъ полѣ сопротивленіе висмута увеличивается.



фиг. 3.

4. *При освѣщеніи селена сопротивленіе его уменьшается.*

Для этого пользуются *селеновымъ элементомъ* (фиг. 4); такъ называется селеновый цилиндръ, на поверхность котораго намотаны двѣ параллельныя и нигдѣ не соприкасающіяся проволочки; селеновый элементъ помѣщается въ стеклянной оболочкѣ, а концы проволокъ соединены съ цоколемъ, какимъ снабжается калильная лампочка. Если такой элементъ ввести въ цѣпь, то токъ долженъ итти отъ одной проволочки къ другой чрезъ селенъ. Оставляя элементъ въ темнотѣ (накрывъ его металлическимъ колпачкомъ), уравновѣсимъ его реостатомъ, введеннымъ въ другое плечо. Если затѣмъ освѣтить элементъ (снять колпачокъ), то стрѣлка гальванометра отклонится въ ту же сторону, какъ во второмъ изъ нашихъ опытовъ. Слѣдовательно при освѣщеніи сопротивленіе селена уменьшается.



фиг. 4.

Изъ Физическаго Кабинета третьяго Московскаго Кадетскаго Корпуса.

А. П. Постникова

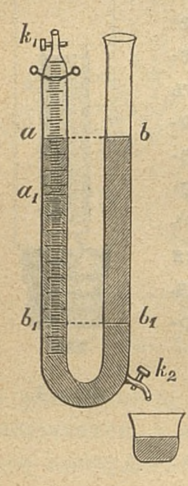
Статья 2-ая [1]).

6. *Законъ Бойля-Маріотта.* Законъ этотъ весьма просто и съ достаточною точностью повѣряется съ помощью лекціоннаго эвдіометра Гофмана, раздѣленнаго на десятыя доли куб. цетм.

---

1) См. Физическое Обозрѣніе, т. 4 (1903 г.), стр. 211.

Въ эвдіометръ, наполненный ртутью [1]), вводятъ воздухъ, углекислоту, водородъ или кислородъ, устанавливаютъ одинаковый уровень ртути ab въ обоихъ колѣнахъ прибора, запираютъ краны k_1 и k_2 и отмѣчаютъ объемъ введеннаго газа v_1. Вмѣстѣ съ тѣмъ отсчитываютъ высоту столба ртути p_1 въ ртутномъ барометрѣ, *записывая ее въ центиметрахъ съ десятыми долями*. Затѣмъ выпускаютъ изъ эвдіометра часть ртути чрезъ кранъ k_2 до произвольнаго уровня b_1, при чемъ ртуть въ лѣвомъ колѣнѣ прибора тоже опустится до нѣкотораго уровня a_1 и расширившійся газъ будетъ занимать новый объемъ v_2. Разность уровной ртути a_1b_1 въ обоихъ колѣнахъ эвдіометра тщательно измѣряется [2]). Если означить эту разность чрезъ p_2, то упругость расширеннаго газа, очевидно, будетъ измѣряться столбомъ ртути$=p_1-p_2$. Согласно закону Бойля-Маріотта, мы должны имѣть:



фиг. 6.

$$v_1 : v_2 = (p_1 - p_2) : p_1$$

или

$$v_1 p_1 = v_2 (p_1 - p_2).$$

При сколько-нибудь тщательно веденномъ опытѣ и отсчетахъ (объемы измѣряются до 1·0 c. cm., упругость до 0·1 cm.), *цѣлыя числа въ обоихъ произведеніяхъ всегда оказываются одинаковыми;* различаются лишь болѣе или менѣе дроби. Можно дѣлать подобную же повѣрку закона Бойля-Маріотта и для случая, когда давленіе болѣе атмосферна-

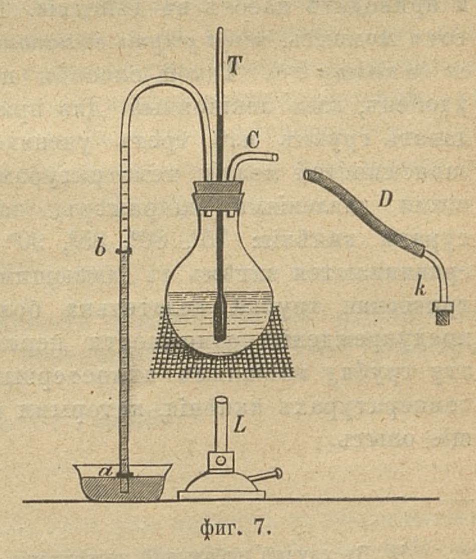
---

[1]) При наполненіи надо избѣгать пузырьковъ воздуха, могущихъ задерживаться въ лѣвомъ колѣнѣ прибора между стѣнками его и ртутью. Для предотвращенія этого обстоятельства, *существенно важнаго для точности измѣренія объема вводимаго въ приборъ газа*, надо покачивать эвдіометръ, наклоняя его въ ту или иную сторону во время наполненія ртутью и тщательно осматривая стѣнки лѣваго колѣна. Самый эвдіометръ, конечно, долженъ быть возможно чистымъ внутри, для чего его предварительно промываютъ разведеннымъ нашатырнымъ спиртомъ, затѣмъ разведенною же соляною кислотою и водою, и наконецъ высушиваютъ.

[2]) При этомъ можно пользоваться линеечкою, устанавливаемою горизонтально на уровнѣ b_1 при помощи положеннаго на нее маленькаго уровня съ воздушнымъ пузырькомъ.

го. Для этого первоначальный объемъ газа v_1 берутъ возможно большимъ, насколько позволяетъ шкала на лѣвомъ колѣнѣ прибора, и затѣмъ *приливаютъ ртути* въ правое колѣно, при чемъ газъ въ лѣвомъ колѣнѣ сжимается и его новый объемъ v_2 будетъ уже меньше v_1, а соотвѣтствующая новая его упругость будетъ измѣряться не разностью, а суммою, p_1+p_2, гдѣ p_1 есть высота столба ртути въ барометрѣ и p_2—*повышеніе* ртути въ правомъ колѣнѣ эвдіометра надъ ея уровнемъ въ лѣвомъ колѣнѣ. Описанный пріемъ повѣрки закона Бойля-Маріотта особенно пригоденъ при практическихъ занятіяхъ. Его можно давать, какъ работу для группы изъ трехъ учениковъ: одинъ управляется съ эвдіометромъ, другой съ барометромъ, третій записываетъ и подсчитываетъ результаты измѣреній. Такая группа уже по своему почину продѣлаетъ нѣсколько разъ измѣреніе, особенно если имѣются аппараты Киппа съ водородомъ и углекислотой. При этомъ, само собою, отдѣльные ученики мѣняются своими ролями при повтореніи опытовъ.

7. *Зависимость между температурою кипѣнія воды и давленіемъ на ея поверхность.* Колба съ достаточно толстыми стѣнками, емкостью въ 1 литръ, наполняется наполовину водою и устанавливается на мѣдной сѣткѣ, положенной на кольцѣ обыкновеннаго химическаго штатива, такъ чтобы дно ея приходилось на 20—30 cm. выше уровня стола (фиг. 7). Довольно широкое горло колбы затыкается резиновою пробкою съ тремя отверстіями, въ которыя вставлены: термометръ T (со шкалою, раздѣленною на пятыя доли градуса), коротенькая согнутая подъ прямымъ угломъ трубочка C и манометрическая стеклянная трубка возможно



фиг. 7.

ровнаго діаметра по всей ея длинѣ, согнутая, какъ показано на чертежѣ, и опущенная открытымъ нижнимъ концомъ въ широкую чашку со ртутью. Длина погруженнаго въ ртуть колѣна

этой трубки должна быть около 80 cm. (можно, впрочемъ, и меньше, наприм., 50 cm.) и на немъ надо намѣтить тонкимъ подпилкомъ (даже, просто, чернилами или тушью) дѣленія чрезъ 1 cm., начинающіяся центиметра на 4 отъ нижняго конца трубки. На это начальное дѣленіе лучше надвинуть еще тонкое резиновое кольцо *a*, до уровня которaго и должна быть налита ртуть въ чашкѣ.

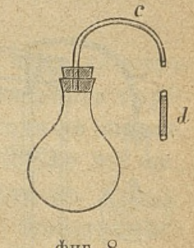
Опытъ ведется проще всего слѣдующимъ образомъ. Сначала по таблицамъ подыскиваютъ величину давленія (упругости пара), соотвѣтствующую какой-либо температурѣ (напримѣръ, для 80° Ц. давленіе=35·4 cm.), отсчитываютъ высоту ртутнаго барометра во время производства опыта (напримѣръ, 75·4 cm.), и разность обоихъ высотъ (75·4 — 35·4=40 cm.) отмѣчаютъ на манометрической трубкѣ прибора другимъ резиновымъ кольцомъ *b*.

Послѣ этого нагрѣваютъ воду въ колбѣ до температуры соотвѣтствующей установкѣ (т. е. до 80° Ц.), удаляютъ горѣлку *L*, соединяютъ трубочку *C* толстою резиновою трубкою *D* съ краномъ *k*, привинченнымъ къ тарелкѣ воздушнаго насоса, и приводятъ насосъ въ дѣйствіе. Вода закипаетъ какъ разъ въ тотъ моментъ, *когда ртуть въ манометрической трубкѣ поднимается до кольца b* [1]). Такой способъ производства опыта особенно удобенъ, какъ лекціонный. Для практическихъ работъ можно задавать группѣ изъ трехъ учениковъ опредѣленіе нѣсколькихъ зависимостей между температурами кипѣнія и соотвѣтствующими давленіями, напримѣръ, найти давленія при температурахъ кипѣнія: 75°, 80°, 85°, 90° и 95°. Полученныя числа сравниваются затѣмъ съ имѣющимися въ таблицахъ. Манометрическая трубка желательна болѣе длинная (до 80 cm.) въ предупрежденіе возможности перелива ртути въ колбу чрезъ эту трубку внѣшнимъ атмосфернымъ давленіямъ при низкихъ температурахъ кипѣнія, которыми нерѣдко задаются производящіе опытъ.

---

[1]) Въ случаѣ небольшой неточности (каковая возможна при недостаточно широкой *чашкѣ* со ртутью), надо прилить ртути въ чашку настолько, чтобы уровень ея здѣсь, понизившійся отъ поднятія ртути въ манометрѣ, снова доходилъ бы до кольца *a*.

8. *Опредѣленіе коэффиціента расширенія жидкостей вѣсовымъ способомъ.* Небольшая колбочка, емкостью, например̃ъ, въ 50 куб. цтм., наполняется до краевъ испытуемою жидкостью (ртутью, виннымъ спиртомъ, керосиномъ и т. п.) и затыкается резиновой пробкой со вставленной въ нее тонкой стеклянной трубочкой c, согнутой, какъ показано на чертежѣ (чер. 8). Трубочка эта не должна высовываться изъ подъ нижнаго обрѣза пробки, а наружный конецъ ея долженъ быть нѣсколько оттянутъ и оканчиваться узкимъ отверстіемъ. При вдвиганіи пробки въ колбочку, жидкость вытѣсняется по трубочкѣ, частью выливается изъ ея конца и затѣмъ должна оставаться какъ разъ на обрѣзѣ этого конца [1]). Послѣ того жидкость, остающуюся въ колбочкѣ, взвѣшиваютъ съ точностью до 1 cgr. [2]). Пусть этотъ ея вѣсъ $=P$ и температура жидкости (комнатная) $=t$. Затѣмъ колбочку помѣщаютъ въ сосудъ съ водою, куда опускаютъ также термометръ, и нагрѣваютъ все на пламени газовой горѣлки или лампы Берцеліуса до кипѣнія или нѣсколько болѣе низкой температуры T. При этомъ жидкость въ колбочкѣ расширяется, конечно, сильнѣе стѣнокъ самой колбочки и избытокъ ея выливается изъ конца трубочки c. По достиженіи температуры T, колбочку вынимаютъ изъ воды, даютъ ей остыть (при чемъ жидкость, сжимаясь, уходитъ отъ конца трубочки c вглубь) и снова взвѣшиваютъ. Пусть новый вѣсъ жидкости $=p$. Тогда коэффиціентъ *кажущагося* расширенія k испытуемой жидкости будетъ:



фиг. 8.

$$k=\frac{P-p}{p(T-t)}.$$

Для полученія же коэффиціента *абсолютнаго* ея расширенія a, надо прибавить къ k еще коэффиціентъ объемнаго расширенія стекла, такъ что

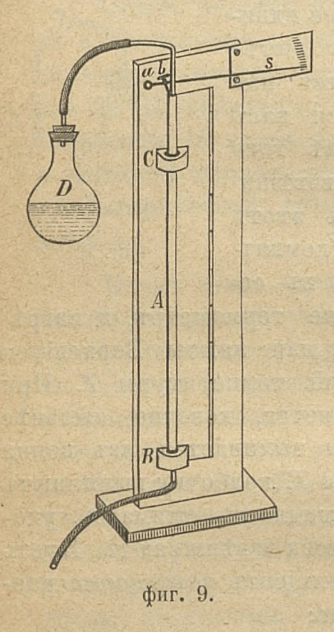
$$a=k+0{\cdot}000027.$$

---

[1]) Для удобства достиженія этого, надо надвинуть на конецъ стеклянной трубочки c кусочекъ резиновой трубочки d, которая послѣ вставленія пробки въ колбочку удаляется.

[2]) Предварительно колбочка съ пробкою и трубочкою c, но безъ жидкости и безъ трубочки d, тарируется на вѣсахъ дробью.

9. *Коэффиціентъ расширенія металловъ.* Для опредѣленія на опытѣ коэффиціентовъ расширенія (линейнаго) различныхъ металловъ, достаточно взять три трубки: цинковую, латунную и желѣзную. Длина каждой такой трубки должна быть = 1 m. *при комнатной температурѣ* (17°—18° Ц.); внутренній діаметръ около 2 cm. Какая-либо изъ этихъ трубокъ *A* (фиг. 9) устанавливается вертикально на деревянной подставкѣ въ разстояніи около 1 cm отъ вертикальной доски. Нижній конецъ трубки упирается неподвижно въ гнѣздо, сдѣланное въ деревянной же колодочкѣ *B*, прикрѣпленной къ этой доскѣ; вверху же трубка поддерживается, проходя свободно въ отверстіе другой подобной же колодочки *C*. Чтобы трубка не шаталась, отверстіе въ послѣдней колодкѣ и боковыя стѣнки гнѣзда колодочки *B* обклеиваются сукномъ. Оба отверстія трубки *A* затыкаются пробками, опущенными до обрѣзовъ трубки; въ нижнюю пробку вставлена прямая стеклянная или, еще лучше, латунная трубочка [1]), а въ верхнюю—подобная же трубочка, согнутая подъ прямымъ угломъ. Нижняя трубочка проходитъ сквозь отверстіе, сдѣланное для нея въ гнѣздѣ подставки *B*; верхняя же повернута своею горизонтальною частью по другую сторону подставки и при посредствѣ резиновой трубки соединяется съ колбою *D*, наполненною водою [2]). Затѣмъ, на вертикальной доскѣ подставки укрѣпляется вверху стрѣлка *s*, вращающаяся около оси *a* и опирающаяся на верхній конецъ (край) трубки *A* концомъ ввинченнаго въ нее тонкаго вертикальнаго винтика *b*. Длина *всей*



фиг. 9.

---

[1]) Верхній конецъ ея не долженъ переходить за предѣлы верхняго обрѣза пробки.

[2]) Для установки этой колбы можно пользоватьса подставкой самаго прибора, ввинтивши на задней сторонѣ ея вертикальной доски два желѣзныхъ кольца, одно—для поддержки колбы, другое—для спиртовой лампочки.

стрѣлки, считая отъ a, должна быть ровно въ 10 разъ больше ея плеча ab; конецъ стрѣлки движется по небольшой (достаточно 4 cm.) шкалѣ, раздѣленной на миллиметры (и полумиллиметры); лучше, если шкала эта дугообразная радіуса, равнаго длинѣ стрѣлки s [1]). Наконецъ, на вертикальной doскѣ должна быть начерчена вертикальная шкала въ 1 метръ, начало и конецъ которой приходятся на уровняхъ концовъ трубки A; здѣсь на доскѣ прочерчиваютъ двѣ горизонтальныя линіи, соотвѣтствующія этимъ уровнямъ.

Воду въ колбѣ D доводятъ до кипѣнія, при чемъ ея паръ начинаетъ проходить по трубкѣ A сверху внизъ, нагрѣвая трубку до 100° Ц., и стрѣлка s быстро движется, проходя по шкалѣ, въ случаѣ, напримѣръ, цинковой трубки, отъ 2·3 до 2·5 cm., смотря по температурѣ комнаты. Нетрудно видѣть по этому, что средній коэффиціентъ линейнаго расширенія испытуемаго металла, между комнатною температурою t и 100° Ц., будетъ:

$$a = \frac{n}{10.1000.(100-t)} = \frac{n}{(100-t).10^4},$$

гдѣ n есть разстояніе въ mm, которое пройдено концомъ стрѣлки s по шкалѣ.

Привожу найденныя такимъ образомъ величины коэффиціентовъ расширенія цинка, латуни и желѣза, между 0° и 100 Ц°.

Zn.	0·000029.
Cu (латунь)	0·000019.
Fe.	0·000012.

Москва. 1904 г. Апрѣль.

---

[1]) Для помѣщенія такой шкалы можно привинтить къ подставкѣ добавочную пластинку.

Пасхальное засѣданіе

Французскаго Физическаго Общества

въ 1904 г.

Э. Ротэ[1])

Среди выставленныхъ приборовъ выдѣлились два, хотя и не совсѣмъ новые, но значительно усовершенствованные: электрометръ Кюри и спектроскопъ Фабри и Жобена.

1. *Электрометръ Кюри.* Важныя изслѣдованія Кюри надъ радіемъ, а также надъ іонизаціею обратили вниманіе ученыхъ на его электрометръ, который въ послѣднее время значительно усовершенствованъ. Онъ удобнѣе электрометра Томсона; это въ сущности тотъ же квадрантъ-электрометръ, только успокаиваніе производится при помощи двухъ магнитныхъ секторовъ. Подвижная стрѣлка (съ вырѣзками) виситъ на платиновой или серебряной проволочкѣ въ 1/200 mm. діаметра; на шкалѣ, помѣщенной въ разстояніи 2 m. отъ зеркальца, получается отклоненіе въ 1 m. для разности потенціаловъ въ 1 volt. Такимъ образомъ это чрезвычайно чувствительный приборъ, при помощи котораго можно точно измѣрять малыя разности потенціаловъ.

Упомянемъ кстати объ аккумуляторахъ Анонимнаго Общества для электрической обработки металловъ (Société anonyme pour le travail électrique des métaux). Извѣстно, что зарядъ электрометра дѣло первой важности; до сихъ поръ для этой цѣли употребляли элементы съ водою, элементы Геффа, Гуи и т. д.; въ Сорбоннѣ была установлена батарея изъ 50000 маленькихъ аккумуляторовъ съ гофрированными свинцовыми пластинками; эти аккумуляторы представляютъ тотъ недостатокъ, что обладаютъ очень малою емкостью. Выставленные аккумуляторы напротивъ того обладаютъ очень большою емкостью и сохраняютъ свой зарядъ въ теченіе двухъ недѣль.

---

[1]) Переводъ съ рукописи, изготовленной для *Физическаго Обозрѣнія.*

2. Автоколлиматорный спектроскопъ Фабри и Жобена (Spectroscope autocollimateur de MM. Fabry et Jobin).

Преимущества прибора заключаются въ слѣдующемъ: 1) при равномъ числѣ призмъ сила прибора двойная, ибо каждая призма дважды проходится лучемъ; 2) самъ приборъ имѣетъ вслѣдствіе этого вдвое меньшіе размѣры, что имѣетъ особую цѣнность, когда фокусное разстояніе объектива доходитъ до 1 m.; 3) удобство обращенія съ приборомъ: наблюдатель имѣетъ подъ руками всѣ органы управленія приборомъ: установку спектра, открываніе щели, ея направленіе, ручку, передвигающую призмы и зеркала и позволяющую такимъ образомъ проводить весь спектръ чрезъ поле зрѣнія.

Лучи, выходящіе изъ щели F (фиг. 1), которая помѣщена съ боку прибора, падаютъ на призму R съ полнымъ отраженіемъ, направляющую ихъ по оси прибора. Затѣмъ лучи проходятъ чрезъ объективъ O, выходятъ параллельнымъ пучкомъ, преломляются послѣдовательно въ двухъ флинтгласовыхъ призмахъ T_1, T_2 и отражаются плоскимъ зеркаломъ M. Послѣ этого отраженія лучи вновь проходятъ призмы T_1 и T_2 и объективъ и, минуя призму R, попадаютъ въ окуляръ S; послѣ четырехъ разсѣваній лучи даютъ спектръ въ фокусной плоскости объектива; этотъ спектръ разсматриваютъ въ окуляръ S или принимаютъ на чувствительную пластинку.

фиг. 1.

Въ области линіи b ($\lambda = 520$) Фабри могъ видѣть всѣ линіи, показанныя на картахъ Роланда. Чтобы составить себѣ представленіе о силѣ прибора приведемъ разстоянія на чувствительной пластинкѣ, соотвѣтствующія 1 $\mu\mu$ въ длинѣ волны разныхъ областей спектра

$\lambda = 550$	1·10 mm
500	1·25
450	1·35
400	2·60
370	3·40

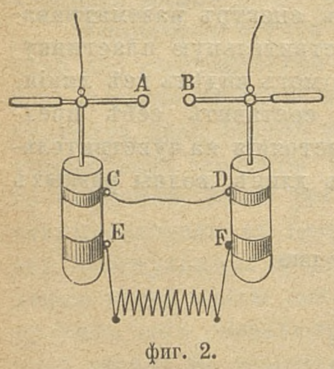
Для сравненія приведемъ такія же данныя (относящіяся къ $\lambda = 434$) для другихъ большихъ спектрометровъ.

Бруна (Obs. de Yerkes)	1·4 mm
Милса (Obs. de Lick)	0·8
Потсдамская обсерв.	1
Фабри и Жобена	2

Для вогнутой диффракціонной рѣшетки въ 7 m. радіуса и съ 380 линіями на миллиметръ, 1μμ разности длины волнъ соотвѣтствуетъ 4 mm. (въ первомъ спектрѣ); такой же результатъ можно получать въ спектроскопѣ Фабри и Жобена съ фокуснымъ разстояніемъ въ 2 m.

Въ техническомъ отдѣлѣ опять много разныхъ аккумуляторовъ. Особенно интересны аккумуляторы Фреде (Fredet). Главный недостатокъ всѣхъ аккумуляторовъ состоитъ въ томъ, что отрицательныя пластинки быстро изнашиваются; давно искали способовъ сдѣлать ихъ столь же прочными, какъ положительныя. Фреде достигаетъ этой цѣли при помощи химической реакціи и вмѣстѣ съ тѣмъ избѣгаетъ сульфатированіе отрицательныхъ пластинокъ; для этого онъ прибавляетъ сѣрнистый аммоній къ окиси свинца, образующаго активную массу. Вслѣдствіе этого отрицательныя пластинки дѣлаются болѣе прочными, а во-вторыхъ - и это главное—на положительныхъ пластинкахъ образуется предохранительный слой сѣрнистаго свинца.

Въ отдѣлѣ медицинскихъ приборовъ обращалъ на себя вниманіе приборъ д'Арсонваля для полученія быстро-перемѣнныхъ токовъ, примѣняемыхъ къ терапіи. Извѣстно, что вь подобныхъ приборахъ чрезвычайно важно устранить вольтову дугу между шариками прерывателя. Былъ указанъ цѣлый рядъ средствъ для задуванія дуги: 1) магнитнымъ полемъ, 2) токомъ воздуха, направляемымъ прямо на прерыватель, 3) введеніемъ самонаведенія и емкости. Но всѣ эти пріемы страдаютъ тѣмъ недостаткомъ, что требуютъ прибавки механическихъ частей. Въ новомъ приборѣ д'Арсонваля нѣтъ никакого механизма, а самъ токъ автоматически задуваетъ дугу, которая образуется въ прерывателѣ.



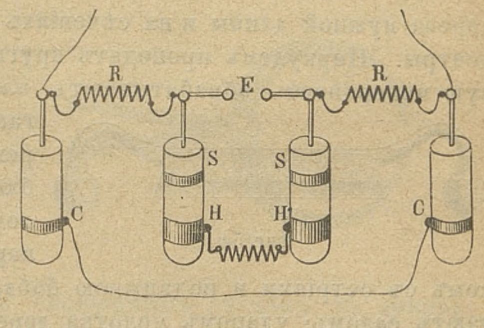
фиг. 2.

Пусть A и B (фиг. 2) шарики прерывателя, соединенные съ внутренними обкладками двухъ лейденскихъ банокъ, которыя

соединены послѣдовательно и періодически заряжаются источникомъ электричества высокаго потенціала; снаружи каждая банка имѣетъ двѣ обклади, такъ что имѣются двѣ пары конденсаторовъ *C*, *D* и *E*, *F*; послѣдніе соединяются спиралью и служатъ для образованія колебательнаго разряда въ прерывателѣ; обкладки *C* и *D* соединены проволокою и вмѣстѣ съ внутренними обкладками образуютъ конденсаторы—задуватели: разряды ихъ, проходя чрезъ соединительную проволоку *CD*, отталкиваютъ искровой токъ между шариками *A* и *B* и прерываютъ его.

Д'Арсонваль и Гефъ выставили новые предохранители источниковъ электричества, питающихъ генераторы быстро перемѣнныхъ токовъ.

Въ приборѣ, дающемъ быстро-перемѣнные токи прерыватель есть центръ, изъ котораго по всѣмъ направленіямъ расходятся электрическія волны, начальное напряженіе коихъ опредѣляется длиною искры въ прерывателѣ. Въ видахъ сохраненія прибора чрезвычайно важно знать, что дѣлается съ волнами въ разныхъ частяхъ цѣпи, гдѣ онѣ могутъ оказывать вредныя вліянія. До полнаго своего затуханія эти волны распространяются чрезъ всѣ контуры, соединенные съ искровымъ прерывателемъ; онѣ проникаютъ даже въ динамомашину, которая доставляетъ токъ въ примарную катушку трансформатора. Иногда потенціалъ этихъ волнъ выше того, для котораго была разсчитана изолировка приборовъ, вслѣдствіе чего нерѣдко происходятъ несчастія и не мало индукторовъ было испорчено. Поэтому необходимо помѣшать возвращенію волнъ въ трансформаторъ. Для этого между трансформаторомъ и искровымъ прерывателемъ помѣщаютъ цѣпь, которая бы останавливала волны или своимъ сопротивленіемъ, или своимъ самонаведеніемъ или наконецъ тѣмъ и другимъ. Д'Арсонваль образуетъ сопротивленія *R*, *R* (фиг. 2) изъ толстыхъ мѣдныхъ трубокъ, на которыя навертываются изолированныя проволоки; кромѣ того располагаются емкости *C*, *C*.



фиг. 4.

На засѣданіяхъ были прочитаны слѣдующія лекціи: 1) д'*Арсонвалемъ*—Жидкій воздухъ, 2) *Шарпантье*—*N*-лучи, испускаемые человѣческимъ тѣломъ, 3) *Феррье*—Современное состояніе безпроволочнаго телеграфа, 4) *Бергонье*—Объ одеждѣ и 5) *Арну*—О двигателяхъ въ автомобиляхъ.

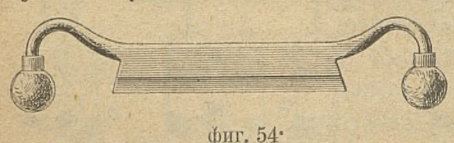
Мастерская при физическомъ кабинетѣ

Ж. Лемуана[1].

IV. Обработка дерева на токарномъ станкѣ.

30. Дерево обрабатывается на томъ же станкѣ, какъ и металлъ, только ремень надѣвается на меньшій шкивъ, вслѣдствіе чего достигается бо́льшая скорость вращенія. Мягкое или волокнистое дерево обрабатывается трудно; главнѣйшимъ образомъ употребляются слѣдующіе сорта: букъ, груша, грабъ, липа, береза и др. Главнѣйшіе инструменты суть *рѣзцы*—желобчатый и плоскій со скошеннымъ концомъ, *метчикъ* (соотвѣтствующій наружной нарѣзкѣ токарнаго станка) и *патронъ съ остріями на концѣ* (фиг. 22 *G*).

31. *Выточить цилиндръ.* Тонкою пилою отрѣзаютъ кусокъ дерева нужной длины и на сѣченіяхъ приблизительно намѣчаютъ центры. Циркулемъ проводятъ круги основаній; затѣмъ боковую поверхность обрабатываютъ *плоскимъ настругомъ* (фиг. 54); такимъ образомъ кусокъ дерева дѣлаютъ тоньше и приближаютъ его къ желаемой формѣ. Его помѣщаютъ на токарномъ станкѣ, между патрономъ съ остріями и подвижною бабкою, конецъ которой смазываютъ саломъ; ударомъ молотка дерево однимъ его основаніемъ насаживаютъ на острія патрона, затѣмъ приближаютъ бабку,

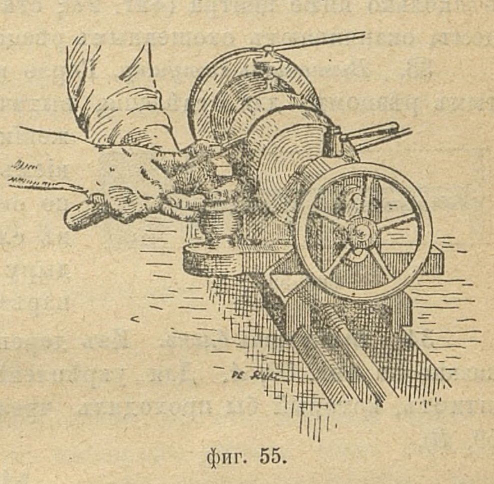


фиг. 54.

---

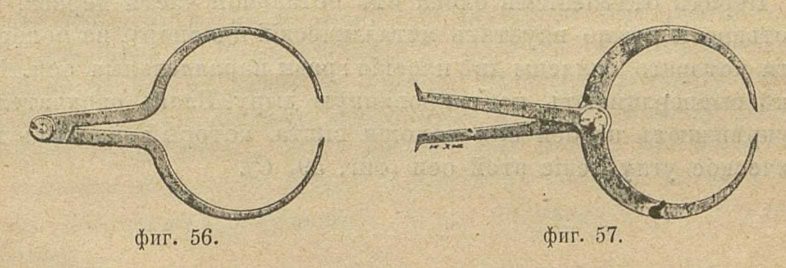
[1]) Окончаніе, см. стр. 175.

конецъ которой слегка нажимаютъ въ коническое углубленіе, сдѣланное въ противоположномъ основаніи. Провѣряютъ, чтобы кусокъ дерева вращался приблизительно правильно. Подручникъ располагаютъ сбоку обтачиваемаго куска такъ, чтобы край его былъ только немного выше горизонтальной плоскости оси (фиг. 55). Желобчатый рѣзецъ берутъ въ правую нѣсколько опущенную руку, опираютъ на подручникъ и крѣпко держатъ лѣвою рукою. Желобокъ рѣзца обращенъ вверхъ, лезвее почти по касательной къ поверхности цилиндра. Вытачиваютъ желобокъ такой глубины, чтобы дно его не прерывалось; затѣмъ, перемѣщая вбокъ инструментъ, вытачиваютъ рядомъ другіе желобки, пока не будетъ обработана вся поверхность дерева; тогда цилиндръ вращается совершенно правильно.



фиг. 55.

Для устраненія неровностей по образующимъ, обтачиваютъ плоскою стамескою, которую перемѣщаютъ паралельно оси. Циркулемъ (фиг. 56 и 57) провѣряютъ, всюду-ли цилиндръ имѣетъ одну толщину.



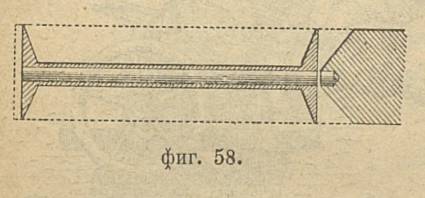
фиг. 56. фиг. 57.

Начисто обрабатываютъ скошеннымъ рѣзцомъ; на приподнятомъ подручникѣ располагаютъ рѣзецъ такъ, чтобы его остроугольный конецъ былъ поднятъ и чтобы стружку снимала средняя часть рѣзца, которая правильно перемѣщается паралельно оси цилиндра. Послѣ всего можно сгладить поверхность

цилиндра стеклянною бумагою. Такимъ же образомъ можно выточить цилиндръ, захватывая его въ американскій патронъ.

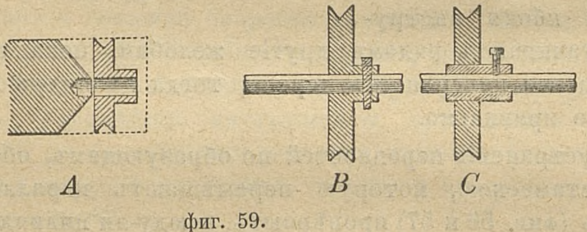
32. *Выточить плоскую поверхность.* Подручникъ ставится противъ обтачиваемаго конца дерева перпендикулярно къ его оси, нѣсколько ниже центра (фиг. 27); стачиваютъ желобчатымъ рѣзцомъ; оканчиваютъ скошеннымъ рѣзцомъ и стеклянною бумагою.

33. *Выточить катушку.* Горло катушки выточить желобчатымъ рѣзцомъ; для отдѣленія, выточить углубленіе на продолженіи дерева. Передъ отдѣленіемъ можно просверлить дыру по оси также, какъ это дѣлается въ случаѣ металла (§ 15). Эту дыру можно снабдить винтовою нарѣзкою.



фиг. 58.

34. *Выточить блокъ.* Изъ дерева выточить блокъ, какъ показано на фиг. 59, *A*. Для укрѣпленія его на оси, впускаютъ штифтъ, который бы проходилъ чрезъ блокъ и чрезъ ось (фиг 59, *B*).



фиг. 59.

Передъ отдѣленіемъ блока отъ остальной части дерева, въ его отверстіе можно впустить металлическій цилиндръ, на поверхности котораго спилены двѣ плоскія грани параллельныя оси. Въ блокѣ высверливаютъ центрированную дыру. Блокъ окончательно укрѣпляютъ на оси при помощи винта, который входитъ въ коническое углубленіе этой оси (фиг. 59, *C*).